الفصل الخامس

القمـــح

L.T.EVANS , I.F.WARDLAW AND R.A. FISCHER

يعتبر القمح أحد المحاصيل القديمة ويزرع على نطاق أوسع وينتج بكمية أكبر مقارنة بالمحاصيل الأخرى (جدول 1 .1) ولا يزال يزرع منه عديد من الأنواع ، غير أن قمح الخبز الحديث السداسي *Triticum aestivum* L. يعتبر أكثرها شيوعاً حتى الآن وهو موضوع هذا الفصل .

إن الخطوات الأولى فى تطور القمح كمحصول حدثت منذ حوالى 10000 سنة فى منطقة الهلال الخصيب فى الشرق الأوسط (Harlan & Zohary , 1966) وأسفرت التنقيبات الأثرية فى بعض المواقع القروية ، والتى كانت مأهولة بالسكان حوالى 8000 سنة قبل الميلاد عن وجود بقايا نباتية ، والتى تكاد تكون بالكامل قمحاً ثنائياً *Triticum boeoticum* ، مع شعير برى وعدس وجلبان ، فى حين شملت بقايا فى قرية على كوش (Ali Kosh)، فى الجنوب الغربى لإيران منذ 7500 - 6750 سنة قبل الميلاد على جزء كبير من الشعير والقمح المستأنس .

لا زال يوجد حتى اليوم ولو أنها منقرضة عشائر من القمح الثنائى البرى والشعير والشوفان مع حشيشة العنز الثنائية البرية *Aegilops speltoids* ، التى هجنت مع القمح الثنائى (einkorn) البرى لتعطى القمح الرباعى البرى (emmer). *T. dicoccoides* تختلف المجموعات المستأنسة من الأقماح الثنائية و الرباعية عن أسلافها البرية وبصفة رئيسية فى أن محور السنبلة فيها أقوى ، وبالتالى تحتفظ بحبوب أكثر فى السنبلة حتى موعد الحصاد . كان حجم البذور أيضاً أكبر فى المجاميع المستأنسة . وإلى جانب تأثير هذا الانتخاب البدائى كانت الأوراق أكبر وتكوين البادرات أسرع . لازالت الحبوب في بعض الأنواع المستأنسة الرباعية مثل *T. dicoccum* مغلفة بعصافات كما فى الأسلاف البرية . و لكن فى أنواع أخرى مثل *T. durum* نجد أن الحبوب تنفصل بالدراس .

الخطوة الثانية في تطور القمح كانت تهجين القمح الرباعي مع نوع آخر من جنس *Aegilops* ويحتمل أن يكون *A. squarrosa* لينتج أنواع القمح السداسي ، البعض ذات حبوب مغلفة مثل قمح سبلتا *T.spelta* ، وأخرى ذات حبوب تنفصل بالدراس مثل *T. aestivum*.إن حامل جينوم D موزع طبيعياً من الحد الشرقي للهلال الخصيب إلى كازاخستان وبذلك يغطي آفاقاً واسعة من الظروف البيئية مقارنة بسلالات أخرى مما دفع Zohary et al . (1969) إلى القول بأن إضافة جينوم D لم تعط الصفات البروتينية المرغوبة في صناعة الخبز فحسب بل زادت كثيراً من مدى التأقلم مما مكن القمح بأن يكون محصول سهول المناطق شبه الرطبة وشبه الجافة معاً ، وأقترحوا أن هذا التهجين متكرراً ولا زال مستمراً .

القمح *T. aestivum* يعرف عنه بأنه وجد في الشرق الأوسط منذ لا يقل عن 5800 سنة قبل الميلاد (Helbaek , 1966) وبعدها أنتشر في حوض البحر الأبيض التوسط ومن خلال أوربا الوسطى إلى مناطق أبعد شمالاً وأكثر رطوبة (Waterbolk , 1968) .

إن تطور القمح من النواحي السيتولوجية الوراثية ناقشه Riley (1965) ، ومن النواحي الفسيولوجية Evans & Dunstone (1970) ، مع زيادة التضاعف الكروموزومي ، وبالتغير من الأشكال البرية إلى المنزرعة وجدت زيادة متوازية في الحبوب وحجم الأوراق بلغت أكثر من 20 ضعفاً مقرونة بانخفاض في معدل التشبع الضوئي . وأصبح امتلاء الحبة ذا دوام أطول ومقترناً بالزيادة المتواصلة في تأخر موت الأوراق العليا . وانخفضت فترة تكون أشطاء الأقماح الثنائية البرية خلال تطور المحصول ، مثل ما حدث كذلك في استعمال نواتج البناء الضوئي في نمو الجذور ، وأعلى نسبة من هذه النواتج في الأقماح الحديثة يتم نقلها إلى الحبوب . إن هذه التغيرات تفرض من جهة على القمح هبوطاً في قدرته التنافسية والعيش في عشائر مختلطة طبيعية ، ولكن من جهة أخرى يمكن تحقيق زيادة كبيرة في القدرة الإنتاجية للمحصول تحت الظروف المحكومة بالطرق الزراعية .

لقد تم وصف نبات القمح وصفاً شاملاً بواسطة Perciva (1921) ونوقشت جوانبه الفسيولوجية بواسطة Peterson (1965) و Quisenberry & Reitz (1967) و Wardlaw (1974) .

قبل أن نأخذ في الإعتبار الخطوات المتعددة في دورة حياة محصول القمح ، يعتبر من

الأهمية التأكيد على المدى الواسع والظروف المتلاحقة المختلفة التى تواجه القمح فى أنحاء متفرقة من العالم . إن كثيراً من القمح ينمو تحت ظروف موسمية متعاقبة مشابهة لتلك التى تطور فيها . وبالتحديد فى مناطق عند خطوط عرض منخفضة (حوالى 30°) حيث يمضى المحصول نموه الخضرى فى أيام الشتاء الباردة والقصيرة (10 - 11 ساعة) وذات شدة إشعاع منخفضة نسبياً .

يحدث بداية تكوين الأزهار وتمايز السنابل عند الزيادة فى طول النهار والإشعاع الساقط والحرارة بينما يحدث إمتلاء الحبوب عند أشعة أشد سطوعاً مع طول للنهار ما بين 13 إلى 14 ساعة . غير أن الزيادة السريعة فى درجات الحرارة (بدرجة حرارة عظمى يومية 30° م أو أكثر) و زيادة الإجهاد المائى غالباً ما تحد من فترة امتلاء الحبوب . وبالتالى يعتبر التطور التكاثرى السريع حالما ينتهى خطر الصقيع ضرورياً للتأقلم الفعال لمثل هذه الظروف باستثناء المحاصيل التي تحت الرى . ويتبع هذا النمط من الظروف ، الأقماح التى تزرع فى مناخ البحر الأبيض التوسط حال سقوط أمطار الخريف أو عند نهاية المونسون (monsoon) كما فى الهند . (Asana , 1966)

تحت الظروف المناخية الأكثر قارّية ، عند خطوط عرض حتى 60° أو أكثر يمكن أن تمر المحاصيل المزروعة فى الربيع خلال دورة حياتها كلها بظروف النهار الطويل ، وزيادة حادة فى درجة الحرارة والإشعاع ، وغالباً ما تتعرض للإجهاد المائى خلال فترة امتلاء الحبوب ، والتى يمكن أن تنتهى خلال شهر في منتصف الصيف كما فى المروج الكندية والروسية .

ومن جهة أخرى ، فى الظروف المناخية البحرية عند خطوط عرض متوسطة الارتفاع كما فى أوربا الغربية ... نجد أن التمايز الزهرى يحدث حيث يكون النهار طويلاً ومستمراً فى الزيادة ، ولكن امتلاء الحبوب يحدث في الغالب بعد منتصف الصيف فى درجات حرارة باردة نسبياً (حوالى 20 ° م) ، ويكون بالتالي آكثر امتداداً ، ويحدث النضج مع التضاؤل فى الإضاءة .

من المرجح أن الصفات التى تعطى إنتاجيات عالية تختلف كثيراً تبعاً للظروف البيئية من منطقة إلى أخرى ، وحتى تحت الظروف البيئية الواحدة يُحتمل وجود استراتيجيات عديدة للنجاح .

النمو الخضرى

إنبات البذور وتكشف البادرات :

يحدث الإنبات بين 4 و 37 ° م ، بينما درجة حرارة 20 - 25 ° م هى الحرارة المثلى . وأقل محتوى رطوبى للإنبات هو 35 - 45 ٪ من وزن الحبة الجاف ، ويكون الإنبات أكثر سرعة بزيادة المحتوى الرطوبى عن هذا المعدل . وليست هناك أهمية كبرى للإضاءة فى التحكم فى إنبات القمح (Grahl , 1965) . إن درجة السكون تعتبر ذات قيمة لمنع الإنبات فى السنبلة قبل الحصاد فى الظروف الحقلية الرطبة ؛ خاصة بعد إدخال الميكنة فى الحصاد (Belderok , 1961 ; Jensen , 1967) .

يمكن أن يحدث الإنبات عند رطوبة نسبية تساوى 97.7 ٪ والتى تحت نقطة الذبول الدائم للنبات النامى (Owen , 1952) ، ويتطور البادرة تصبح أكثر حساسية لنقص الماء (Milthorpe , 1950) إن زيادة عمق البذر للتغلب على مشكلة عدم إكتمال الإنبات عقب سقوط الأمطار الخفيفة فى بداية الموسم يعتبر إجراءً طبيعياً ، ولكن هذا يقلل فى المقابل من قوة البادرة .

بعد الإنبات تمتد الجذور الجنينية فى التربة ويخترق غمد الريشة التربة ناحية السطح ، وترتفع منطقة النمو بعد ذلك إلى السطح بواسطة تمدد السلاميات التى فوق غمد الريشة . لقد أظهر معدل التكشف فى القمح تبايناً وراثياً ، وهو مرتبط ايجابياً بطول غمد الريشة وارتفاع النبات ، ولذا كان مشكلة فى البداية فى الأقماح القصيرة ، ولم يكن انتخاب الغمد الطويل للريشة فعالاً إلا جزئياً فى تحسين تكشفها (Allan et al , 1962) ومن بداية الإنبات إلى حين تكشف أول ورقة خضراء للضوء يكون النمو معتمداً على المخزون من المواد الكربوهيدراتية فى الإندوسبيرم والتى يستعمل أكثر من نصفها بواسطة الجذور الجنينية (Willims, R 1960) وتكون الحبة الأكبر ذات مخزون أكبر وأسرع فى تكون البادرات وغالباً ما تعطى إنتاجية أكبر فى المحصول المصاب بالحشائش أو غير الكثيف . غير أنها ليست دائماً كذلك فى الزراعات النقية الخالية من الحشائش

(Percival 1921 ; Pinthus & Osher , 1966 ; Roy , 1973)

إن محتوى البروتين قد يكون العامل الرئيسى بدلاً من حجم البذور فى التأثير على تطور البادرة ; (Schlehuber & Tucker , 1967) Lowe & Ries , 1973)

فالمحاصيل التى من بذور عالية فى البروتين والناجمة عن المعاملة بالسيمازين (مبيد حشائش) Simazine فى الجيل السابق مثلاً يمكن أن تعطى إنتاجاً أعلى فى البروتين والوزن الجاف (Lowe et al . 1972) .

يمكن زيادة مقاومة المحصول للجفاف وذلك بجعل حبوب تقاوى المحصول تمتص الماء إلى حوالى 30 ٪ من وزنها الجاف لمدة 24 ساعة ثم تركها لتجف هوائياً مع إعادة ذلك عدة مرات ، ومثل هذه المعاملة تجعل الإنخفاض فى محتوى الورقة النسبى من الماء خلال فترة الإجهاد بطيئاً (Woodruff 1969) وتعتبر الزيادة فى الإنتاج على المرحلة التى حدث عندها الجفاف فى دورة حياة النبات .

نمو ووظيفة الجذور :

ينحصر نمو الجذور فى منطقة تقع خلف قمة الجذير إلى 10 ملم(Eliasson, 1955) ويتراوح معدل التمدد بعد البداية السريعة أثناء الاعتماد على المخزون الغذائى بالحبة (May et al . 1967) من 0.5 إلى 3.0 سم فى اليوم فى الجذير الأصلى الإبتدائى والجذور العرضية (Barley , 1970) ويكون ثابتاً نسبياً لمدة طويلة فى وسط متجانس (Brouwer , 1966) واختراق الجذور فى الأرض الجافة يعتبر قليلاً إن لم يكن معدوما (Salim et al . 1965) .

عند درجات الحرارة المنخفضة يمكن للنمو الجذرى أن يجتاز النمو الخضرى (Welbank , 1971) ولكن ارتفاع درجة الحرارة يزيد النمو الخضرى أكثر من زيادة الجذور (Brouwer , 1966) . ويظهر أن النمو الخضرى له درجة حرارة مثلى أعلى من تلك التى للنمو الجذرى . ولكن هذا الاختلاف يمكن أن ينتج عن زيادة التنافس على نواتج البناء الضوئى بين المجموع الجذرى والخضرى عند درجات الحرارة العالية

(Friend, 1966; Wardlaw , 1968) .

كذلك ترتفع نسبة المجموع الجذرى للخضرى بزيادة شدة الإضاءة (Nelson, 1963) وتعتبر الجذور منافساً ضعيفاً مع الأعضاء الأخرى عندما لا يوجد إلا قدر محدود من المواد الكربوهيدراتية باعتبار أن الأوراق السفلى للساق هى مصدرها الرئيسى من المواد الغذائية (Wardlaw, 1967 ; Rawson & Hofstra , 1969) . ومن جانب آخر وبإجهاد مائى متوسط يمكن أن ينخفض النمو الخضرى أكثر مما يحدث فى البناء الضوئى، ولكن بعض

من النمو الجذرى يمكن أن يظل نشطاً مما يؤدى إلى الزيادة فى نسبة المجموع الجذرى إلى الخضرى وبالمثل القدر المحدود من النيتروجين يمكن أن يقلل من النمو الخضرى ، ولكن يزيد من تمدد الجذور ونسبة المجموع الجذرى إلى الخضرى (Brouwer 1966) . هناك نوعان مميزان من الجذور تتطور فى القمح ، الجذور الجنينية والتى تنشأ مباشرة من الحبة أو من تحتها ، والجذور العرضية والتى تنشأمن عقد الساق فوق الحبة . وبعد خروج الجذر الابتدائى من غمد الجذير يتبعها أول زوج من الجذور الجانبية ، وبعد ذلك الزوج الثانى من الجذور الجانبية بنفس طريقة الزوج الأول غير أنها أعلى قليلاً .

يمكن أن تنمو الجذور الجانبية مبدئياً عند حوالى 60 ° من الاتجاه العمودى ، ولكن غالباً ما تتحول إلى الاتجاه العمودى عندما يصل طولها من5 إلى30 سم

(Passioura,1972;Barnard,1974) تصل الجذور العمودية غالباً إلى عمق 1 - 2 متر ، ويعتمد ذلك على ظروف التربة (Barley , 1970) .

تظهر الجذور العرضية فيما بعد عند عقدة غمد الريشة وبعدها من العقد التى فوقها وتختلف فى العدد من لا شىء على الإطلاق تحت ظروف الجفاف إلى أكثر من (Locke & Clark , 1924 100).

وفى العادة يطور كل شطأ جذوره العرضية ويمد كل مجموع جذرى المجموع الخضرى الذى ينتهى إليه (Krassovsky, 1926; Boatwright & Ferguson 1967) .

من الناحية الوظيفية يظهر أنه لا توجد إلا فروق قليلة بين جزئى المجموع الجذرى ، رغم أختلافهما الواضح فى طريقة التوزيع . ويستمر نمو المجموع الجذرى تحت الظروف الحقلية إلى مرحلة طرد السنابل حيث عندها يمكن أن يتوقف . كذلك يمكن أن تتحلل الجذور خلال امتلاء الحبوب (Brenchley & Jackson , 1921 ; Asana & Singh, 1967) غير أنه بتوفر الماء والغذاء يستمر نمو الجذور وإزاحة العناصر الغذائية بطريقة جيدة خلال فترة تكون الحبوب . (Carpenter et al . 1952)

إن محاصيل الحبوب الشتوية لديها النزعة لإنتاج وزن من الجذور أكبر ؛ مما تنتجه المحاصيل الربيعية (Troughton , 1962) ، ويظهر أن ذلك ناجم عن طول فترة النمو عند درجات حرارة منخفضة ، وتختلف الأصناف فى توزيع وحجم المجموع الجذرى

(Pinthus & Eshel, 1962 ; Asana & Singh, 1967; Derera et al 1969)

وعلى الرغم من أنه لا يوجد اختلاف ملحوظ بين أصناف الأقماح الطويلة والقصيرة من هذه الناحية ، إلا أن الوزن الجذرى أحياناً ما يكون أكبر فى أصناف الأقماح القصيرة (غير منشور ,Fischer) ، وذلك كما فى النباتات التى قزمت باستعمال مثبطات النمو (Humphries , 1968) .

يتوقف مدى التعمق الأمثل للجذور على كل من الظروف المناخية ونوعية التربة . فى مناخ البحر الأبيض المتوسط على سبيل المثال . . ربما يكون تعمق نفاذية الماء قليلاً بينما تحت ظروف رياح المونسون monson يمكن أن يكون المطر قليلاً خلال نمو المحصول ، الذى يعتمد كثيراً على مخزون الماء السابق فى الأعماق ، وفى الحالة الأخيرة يكون نمو وتعمق الجذور مفيداً فى الإبقاء على امتصاص الماء (Salim et al.1965; Hurd,1968)

إن زيادة كفاءة استعمال المياه يمكن أن تتحقق بالحدِ من قدرة النباتات على امتصاص الماء من التربة خلال النمو المبكر للمحصول والإبقاء على كمية لدعم مرحلة امتلاء الحبوب . إن هذا يمكن تحقيقه بانتخاب نباتات ذوات أوراق صغيرة وقائمة ، وذوات أشطاء قليلة . هناك بديل آخر اقترحه Passioura (1972) ، وهو انتخاب للمقاومة العالية لانتقال الماء ؛ خاصة فى الجذور الجنينية ، التى فيها تسود حركة الماء بواسطة وعاء خشبى أولى كبير فردى .

احتياجات القمح من العناصر الغذائية المعدنية تم مناقشتها بواسطة(Kostic et al.(1957 يعتمد نمو المجموع الخضرى على نشاط الجذور ، ولا يقتصردور الجذور على امتصاص العناصر الغذائية والماء ؛ حيث تستطيع جذور محاصيل الحبوب أن تختزل النترات) (Miflin , 1967 ولكن أغلب اختزال النترات غالباً ما يحدث فى الأوراق في وجود الضوء) (Stoy, 1955; Minotti & Jackson , 1970) والجذور يمكن أيضاً أن تصنع الأحماض الأمينية ، وتعتبر كذلك مصدراً لمواد النمو مثل السيتوكينينات Cytokinins للمجموع الخضرى . غير أن أهمية دورها فى هذه الناحية غير واضحة .

نمو الأوراق :

يعتمد المعدل الذى تتكون عنده الأوراق فى المرستم القمى وكذلك خروجها وانبساطها ، وشكل وحجم النصل الناضج على درجة الحرارة وشدة الإضاءة وطول النهار والحالة الغذائية

للتربة التي ينمو فيها النبات . وتحت ظروف ثابتة من الإضاءة والحرارة تحصل Friend et al (1962) , على أقصى مساحة للورقـــة الواحدة عنـد 10000 - 19000 ×1 و 20° م . ودرجة الحرارة لأقصى عرض أقل من تلك التي لأقصى طول للنصل (Chonan , 1971)

يعتبر ترتيب الأوراق على الساق أحد النواحي المهمة في تركيب الكساء الخضرى . وتكون الأوراق السابقة فى تكوينها لتخليق الأزهار قريبة من التاج ، ولكن بعد التخليق الزهرى تستطيل سلاميات الساق ، وتتباعد الأوراق عن بعضها أكثر في مستوى عمودى ؛ لتعطى بذلك توزيعاً للضوء أكثر فاعليـــة داخل الكساء باستثناء الأنـــواع الشديدة التقـــزم . ويتـــم الحصـول علـــى أقصى مساحـــة ورقيـــة للساق قبـل الطـــرد وعنـــد التـكشف التـــام لورقـــة العلـم (Watson et al. 1963 ; Fischer & Kohn , 1966 ; Puckridge, 1971)

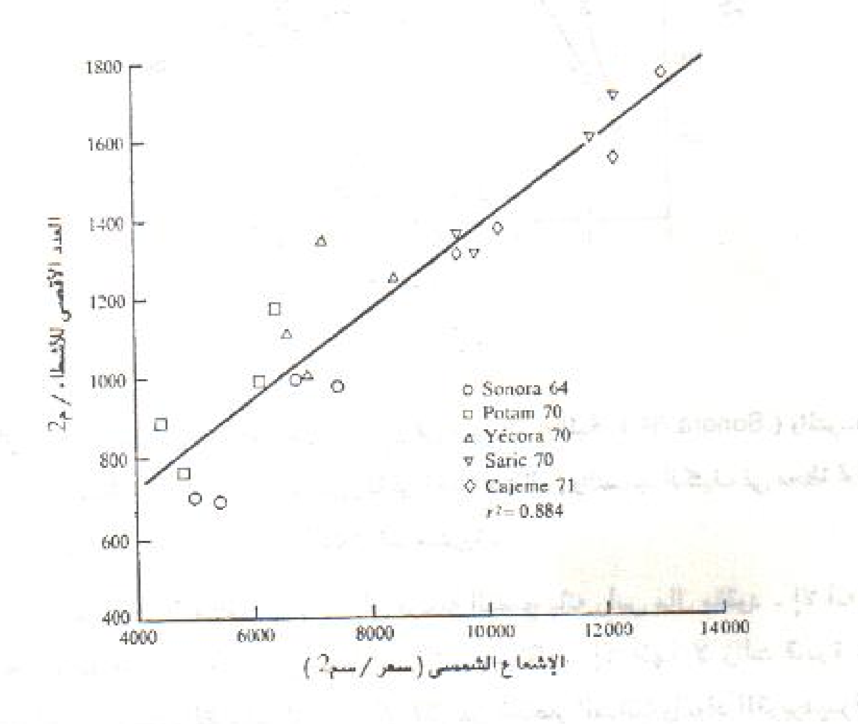
التفريع القاعدى أو تكوين الأشطاء :

عقـب الإنبـات يتم تكوين بدايات البراعم الفرعية على القمة النامية الخضرية 2 - 3 بـلاستو أكرونس (plastochrones) بعـد بدايات الأوراق المقـابلة . ويعتمـد تحـدد البرعـم الـذى يبدأ فـى النمـو علي عمـق الزراعـة (Percival , 1921) ودرجة الحرارة(Taylor& Mc Call , 1936) فعند عمق حوالى 5 سم غالباً ما يكون البرعم الطرفى الثالث هو البـادىء فى النمو ، ولكن فى الزراعة السطحية أوغير العميقة وجد Rawson (1971) أن إلى 90 ٪ من براعم غمد الريشة يمكن أن تنتج أشطاء فى بعض أصناف القمح إلا أنه لا يصل منها إلى النضج إلا أعداداً قليلة .

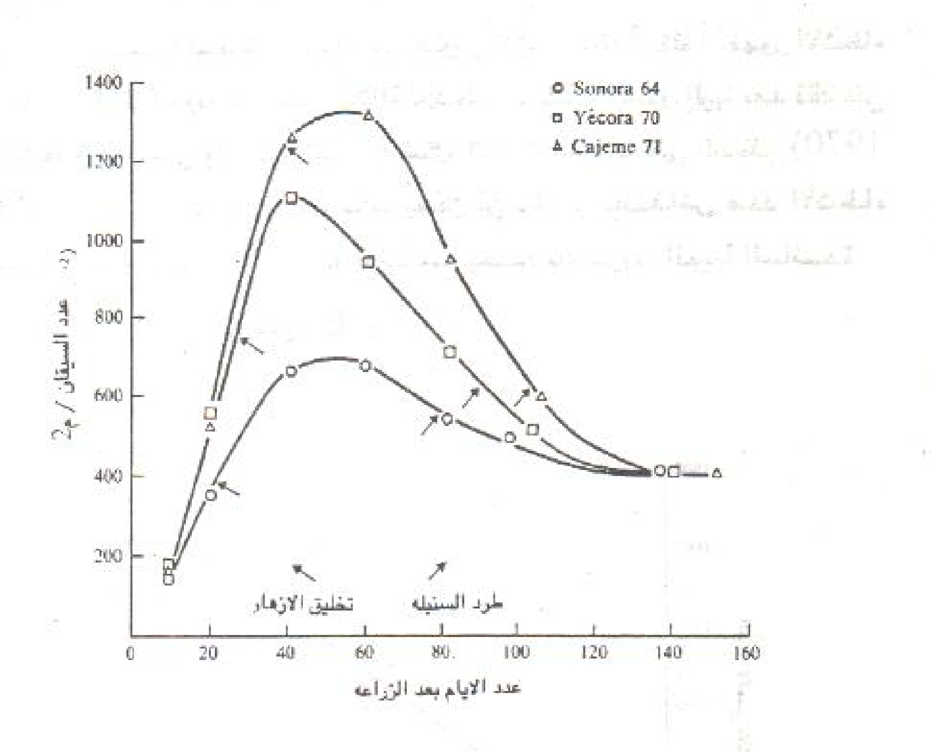
يظهر أن التبدل في الظروف البيئية ليس له إلا تأثير قليل نسبياً على تخليق براعم الأشطاء عند القمة ، ولكن له تأثير ملحوظاً على النمو اللاحق لهذه البراعم . يكون الشطأ خلال نموه المبدئى منطوياً فى غمد الورقة الحاملة أو الداعمة له ، ويعتمد بالكامل على الساق الرئيسى فى احتياجاته من المواد الكربوهيدراتية والعناصر الغذائية ، ولا تستقل الأشطاء عن الساق الرئيسى الأم ، إلى أن تكون ثلاث أوراق ناضجة مع تكون الجذور العرضية عند قاعدتها . ويمكن تشجيع ظهور الأشطاء بشدة الإضاءة العالية (Khali,1956;Friend 1965 b 1966) وبالتغذية (Gericke ,1922 ; Asana et al. 1966) ويصل معدل ظهور الأشطاء أقصاه عند درجة 25° م طبقـاً لـ(Friend (1966 ، ولـكنRawson (1971) وجد

أعداداً أكبر من الأشطاء عند درجات حرارة أقل .

غالباً ما تسبب بداية استطالة الساق عند تكوين الأزهار توقفاً مؤقتاً لظهور الأشطاء (Jewiss , 1972) ، وتعتمد أقصى كثافة للأشطاء يمكن الوصول إليها بعد ذلك على مستوى الإشعاع الشمسي إلى ذلك الحين (شكل 1.5) ، وكذلك على الصنف (Rawson, 1970) . غير أن الفروق بين الأصناف يمكن أن تتلاشى بإنخفاض عدد الأشطاء اقتراباً من مرحلة الإزهار إلى حد غالباً ما يحدد بالظروف البيئية السائدة (شكل2.5 ; Bingham , 1969) .



شكل 1.5 : العلاقة بين أقصى عدد للأشطاء قيس بعد 6 إلى 9 أسابيع من الزراعة ، وإشعاع الشمس الكلى فى الفترة من تكشف البادرة إلى تخليق الأزهار . خمسة أصناف شبه قزمة من الأقماع الربيعية ذات اختلافات فى النضج ، وزرعت عند 4 مواعيد زراعة فى الحقل تحت الرى ومعدلات عالية من الأسمدة فى محطة بحوث CIANO بالمكسيك R . A .Fischer . ، بيانات غير منشورة)



شكل 2.5 التغير فى عدد السيقان مع الزمن فى صف القمح المبكر (Sonora 64) والمتوسط (yecora 70 والمتأخر (Cajeme 71) المزروعة فى الحقل تحت الرى والتسميد الكثيف فى محطة تجارب CIANO بالمكسيك (R. A. Fischer ، بيانات غير منشورة) .

ويمكن اعتبار الإشطاء التى لم تصل إلى مرحلة النضج بأنه رأس مال مفقود . إلا أنه من الواضح بالرغم من أن الأشطاء يمكن أن تكون مستقلة ، إلا أنها لا زالت قادرة على النشاط المشترك ، وتحت الظروف السيئة يمكن لكل من العناصر الغذائية والمواد الكربوهيدراتية أن تتحرك بين المجاميع الخضرية المتجاورة (Smith, 1933; Waradlaw et al ,1965) وبالتالى .فإن الأشطاء المتأخرة بالرغم من عدم اكتمال تطورها إلا أنها يمكن أن تكون ذات قيمة من حيث إمدادها المستمر للسيقان الحاملة للسنابل بالمواد الغذائية خلال المراحل الأخيرة من التطور (Palfi &Deszi , 1960; Rawson& Donuld,1969 ; Lupton & Pinthus,1969) والأكثر من ذلك هو أن الأشطاء تزيد من المرونة فى التكيف مع الظروف السيئة مثل ضعف

الإنبات وأضرار الصقيع ، وتستفيد من الظروف المناسبة فيما بعد خلال الموسم .

نمو وصفات الساق :

يمكن أن يتراوح ارتفاع نبات القمح من 0.3 م في الأصناف القصيرة جداً إلى 1.5 م في بعض الأصناف الأوربية الطويلة . ولقد انتخبت الأصناف التقليدية الطويلة المستعملة من القمح ، خلال قرون من الزمن لسرعة تكشف بادراتها وقدرتها على التنافس مع الحشائش بتظليلها ، ولإعطائها إنتاجية مناسبة بأقل عناية وبخصوبة منخفضة (Athwal, 1971) غير أن هذه الصفات أصبحت غير مجدية بعد الزيارة في استعمال الأسمدة وإدخال الطرق الحديثة في خدمة الأرض ، بل يمكن أن تكون ضارة في حالة الأراضي الخصبة بسبب زيارة الرقاد .

وبالرغم من أن أنواع القمح القصيرة كانت معروفة منـذ زمن إلا أن أول برنامج تربية مكثف للحصول على أقماح شبه قزمية أو قصيرة بدأ في اليابان منذ 50 سنة ، ولكن لم يتم انتشار أصناف قصيرة على نطاق واسع حتى الستّينيات من هذا القرن ، وكان ذلك في كل من الولايات المتحدة والمكسيك ، ونورين 10 (Norin 10) التي منها استنبطت معظم الأقماح الحديثة الشبه قزمية نتجت عن تهجينات بين الصنف الياباني المحلي " Daruma " وصنفين أمريكيين (Reitz & Salmon, 1968) . إن نجاح نورين 10 والهجن الناجمة منه يمكن أن يعزى كثيراً منه إلى الزيادة المصحوبة في التفرع ، وفي عدد الأزهار الخصبة في السنيبلة وبنفس القدر إلى الانخفاض في طول الساق .

تكون السلاميات المبكرة قصيرة ، ولا تحدث استطالة ملحوظة للساق ، إلا بعد تكوين الأزهار (Chinoy & Nanda, 1951) ويشبه النمو اللاحق للساق نمو الورقة حيث إنه من مرستم بيني ، ولا تستطيل السلامية إلا بعد أن تكون الورقة الظاهرة فوقها قد اكتملت في تمددها . ويمكن للسلاميات القمية أن تستمر في الاستطالة إلى ما بعد الازهار والتلقيح . وتساعد أغماد الأوراق الملتفة في حفظ الساق مستقيماً ، حيث أنه في فترة تطوره يكون طبيعياً أو ليناً . وتزيد السلاميات تدريجياً في الطول من القاعدة إلى قمة الساق ، وأعلى سلامية يمكن أن تشكل نصف طول المجموع الخضري (Percivat,1921;Rawson & Evans ,1971)

يتزامن نمو الساق مع نمو الأوراق والجنور والسنابل ، ويتفق النمو السريع للسنابل مع نمو السلامية التي تحت ورقة العلم (Wardlaw, 1974) . وبالمثل . . يمكن أن يتزامن

النمو المبكر للحبوب مع نمو حامل السنبلة(Carr&Wardlaw,1965;Wardlaw,1970)
وبالتالى يمكن أن يتنافس نمو الساق مع نمو السنبلة تحت ظروف نقص نواتج البناء الضوئى (Rawson &Hafstra,1969;Patrick, 1972; Friend, 1965 a)
ولذا فتقصير السلاميات العليا يمكن أن يوفر بعض نواتج البناء الضوئى لمزيد من التخليق الزهرى ، أو لامتلاء الحبوب ، أو الزيادة فى التفريع كما اقترح (Simpson (1968 غير أن التفريع يمكن ألا يتأثر كثيراً (شكل 2.5) ، يمكن لأنسجة الساق الناضج أن تخزن مواد كربوهيدراتية على شكل سكروز أو سكريات أكثر تعقيداً مثل oligosaccharides رغم أن النشا يصعب تحديده فى بعض الأحيان(Barnell,1938; Lopatecki et al 1962)

ويكون التخزين فى الساق فى أوج نشاطه عند وقت الإزهار قبل بداية نمو الحبوب ، حيث تكون مساحة الورقة بالغة أقصاها ونمو الساق والجذور بطىء جداً. ويقترح تحليل التغيرات فى الوزن الجاف أن بعض المواد الكربوهيدراتية فى الحبوب آتية من نواتج البناء الضوئى المتكونة قبل الإزهار ، والمخزنة مؤقتاً فى الساق (Asana & Mani , 1950 ; Asana & Saini , 1962) ، وهذا تم تأكيده باستعمال نواتج البناء الضوئى الميسمة بـ ¹⁴ك (Stoy, 1963) ، غير أن مثل هذه المواد الكربوهيدراتية المخزنة لا توفر إلا أقل من 10 ٪ من إنتاج الحبوب النهائى ، باستثناء ظروف الجفاف أو غيره من الإجهاد

(Asana &Saini 1958,Wardlaw&Porter,1967; Rawson&Evans,1971)

إن الأقماح الطويلة لديها ميزة تخزين كميات أكبر من نواتج البناء الضوئى لدعم نمو الحبوب تحت ظروف الإجهاد . ولكن وجد (Rawson & Evans , (1971 أن الأصناف الطويلة من القمح لم تكن أكثر اعتماداً على مخزون الساق من الأصناف القصيرة ، ولم تكن أكثر قدرة تحت الظروف الحادة للبناء الضوئى على سحب ما هو مخزون . إن الأجزاء المكشوفة من الساق مثل الغمد قادرة على البناء الضوئى ، وهذه يمكن أن تكون ذات قيمة تحت ظروف الإجهاد (Wardlaw 1971) .

البناء الضوئى فى الورقة :

يتحقق البناء الضوئى فى القمح بواسطة دورة كالفن (Graham et al . 1960)

وبالتالي . . فإن نقطة التعويض لثاني أكسيد الكربون عالية ، وتقدر بحوالي 50 جزء في المليون في كل أنواع وأصناف القمح (Moss et al. 1969 ; Dvorak & Natr , 1971) بينما نقطة التعويض للضوء تزيد زيادة ملحوظة بارتفاع درجة الحرارة (Meidner, 1970) والسلوك الضوئي في عملية البناء في أوراق القمح يماثل كثيراً ذلك الذي يحدث في نباتات المحاصيل الأخرى (Mc Cree, 1972) .

وأظهر اعتماد صافي البناء الضوئي على الحرارة نطاق واسع من الحرارة المثلى يقع بين 10 و 25 °م محتفظاً بالمعدلات العالية عند درجات حرارة منخفضة ، ولكنه ينحدر بشدة عند الدرجات العالية

(Murata & Iyama 1963; Stoy, 1965; Friend, 1966; Swada, 1970)

يزيد التنفس الظلامي بارتفاع درجة الحرارة (مثلاً من 0.3 إلى 2.5 ملجم ك أ $_2$ / د سم ^{2} / ساعة بين 15 و 32° م ; S t oy, 1965) كما يحدث لمعدل التنفس الضوئي بين 14 و 35 ° م (Jolliffe & Tregunna, 1968) . يميل التنفس الضوئي إلى التناقص عند معدلات أعلى من ثاني أكسيد الكربون ، وهذا يمكن أن يعزى إلى ما وجده Mac Dowall (1972) وهو أن الارتفاع في معدل ثاني أكسيد الكربون عند شدة الإضاءة المنخفضة يكون أكثر حثاً على النمو منه عند شدة الإضاءة العالية .

عند المعدلات الحيوية لثاني أكسيد الكربون ، يصل البناء الضوئي للورقة في الأقماح الحديثة نقطة التشبع الضوئي عند حوالي 1/3 - 1/2 الإضاءة الشمسية الكاملة بمعدل 30 - 35 ملجم ك أ $_2$ / د سم ^{2} / ساعة . إلا أن هذه المعدلات تكون أعلى في الأسلاف البرية ، وذات قابلية أقل للتشبع الضوئي حيث تصل إلى أكبر من 70 ملجم ك أ $_2$ / د سم ^{2} / ساعة بالزيادة في الإشعاع الساقط إلى الإضاءة الشمسية الكاملة (Evans & Dunstone, 1970 ; Khan & Tsunoda , 1970) ، في حالة نمو النباتات تحت شدة إضاءة عالية . وتأثر معدل البناء الضوئي في الأقماح الحديثة بظروف الإضاءة أثناء النمو أقل مما في الأقماح الثنائية . تكون الفروق الواضحة بين الأنواع مقرونة بفروق متوازية في كل من الصورة الغازية والمقاومة لتبادل ثاني أكسيد الكربون (Danstone et al .1973) .

إن معدل البناء الضوئي للورقة تحت الظروف البيئية المعطاة ، يمكن

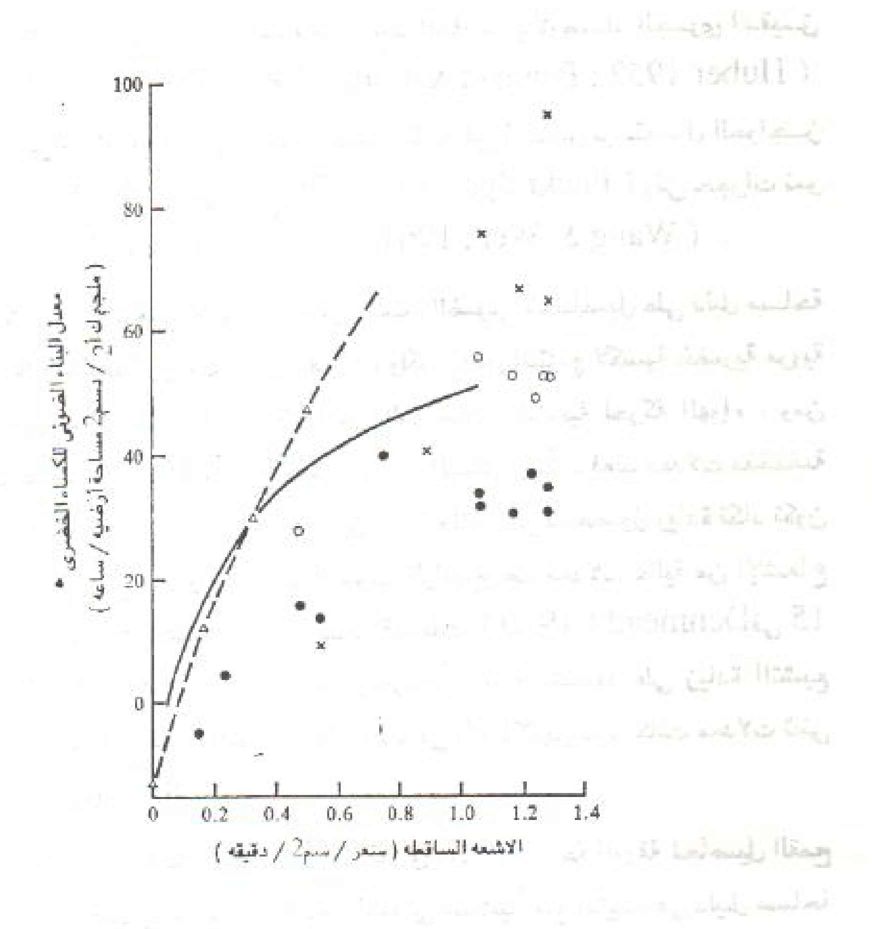
أن يتباين بمدى الضعفين ، ويعتمد ذلك على الحاجة لنواتج البناء الضوئى Birecka & Dakic (Wlodkowska , 1963 ; King et al . 1967) حيث إن معدل ورقة العلم يمكن أن ينخفض بحدة خلال ساعات من إزالة السنبلة ويرتفع مرة أخرى عندما تزيد حاجة مستودعات بديلة كالأشطاء الصغيرة لنواتج البناء الضوئى من أوراق العلم . إن تأثير الارتداد الغذائى هذا يمكن أن يعلل بعض الاختلافات فى معدل البناء الضوئى بين الأنواع ، عندما تنمو تحت معدلات عالية من شدة الإضاءة . ويمكن أيضاً أن يفسر التغيرات التى تحدث مع الزمن فى معدل البناء الضوئى لورقة العلم تحت الظروف المعطاة ، وفى عديد من الأقماح يحدث إنخفاض فى المعدل عند طرد السنبلة لمدة حوالى أسبوع بعد الإزهار حيث يكون التفريغ بطيئاً وكذلك إستطالة الساق ولكن لم يبدأ النمو السريع بعد ، وعندما يحدث ذلك يرتفع معدل البناء الضوئى لورقة العلم مرة أخرى (Birecka & Dakic - wlodkwska 1966; Evans & Rawson , 1970 ; Rawson &Evans , 1971) غير أن الإنخفاض فى المعدل بعد التزهير لم يتم إثباته بصفة دائمة ، وربما يكون ذلك راجعاً لتوفر المستودعات لنواتج البناء الضوئى فى ذلك الحين (Swada , 1970 ; Osman & Milthorpe , 1971) إن التغيرات فى الطلب على نواتج البناء الضوئى يمكن أن تفسر أيضاً بعض الفروق التى بين الأوراق الحديثة والقديمة فى معدلات البناء الضوئى(Dunston et al . 1973) ، ولكن يمكن أن يكون للعوامل التشريحية دخل فى ذلك ، فمثلاً أظهر (Chonan 1965) أن عدد النتوءات على خلايا النسيج الوسطى للورقة التى تزيد بها نسبة السطح إلى الحجم ، يزيد فى الأوراق الحديثة التكوين ، خاصة فى النباتات النامية تحت شدة إضاءة عالية (Chonan, 1966) ويمكن فى هذه الحالة أن تكون الخلايا الصغيرة مرتبطة أو لها علاقة بمعدلات من البناء الضوئى أعلى كما فى الأقماح الثنائية (Dunstone & Evans , 1974) . إن هذا يمكن أن يفسر إلى حد ما وجود معدلات منخفضة من البناء الضوئى فى بعض الأنواع أو الأصناف من القمح (Evans & Dunstone, 1970) وحيث إن القدرة الإنتاجية العالية مرتبطة ارتباطاً قوياً بالأوراق الكبيرة ، لذا يمكن أن تكون لها كذلك علاقة سلبية مع معدل البناء الضوئى للورقة (Planchon , 1969 ; Stoy, 1965) . ووجد (1966) Natr علاقة موجبة بين معدل البناء الضوئى والإنتاجية ولكن فى نهاية الموسم فقط أى عند انحدار المعدلات ، وبالتالى فإن نتائجه يمكن أن تكون تعبيراً عن حقيقة أن الأوراق فى الأصناف العالية الإنتاجية تميل إلى التأخر فى الشيخوخة .

البناء الضوئي للكساء :

غالباً ما يكون محصول القمح مادة لتحليل النمو لتحديد صافي معدل البناء الضوئي به (Watson et al . 1963) . ومادة للدراسات الخاصة بالأرصاد الجوى الدقيق (Huber 1952 ; Penman & Long , 1960 ; Denmead , 1969 ; 1970). والبناء الضوئي في محاصيل القمح تمت دراسته أيضاً في الحقل بإستعمال الحواجز (Puckridge , 1971 ; Puckridge & Ratkowsky , 1971) وفي حجرات نمو مضاءة صناعياً (Wang & Wei , 1964 ; King & Evans , 1967) .

تعتمد العلاقة بين الإشعاع الساقط وصافي البناء الضوئي للمحاصيل على دليل مساحة الورقة وتركيب الكساء الخضرى كما سيرد نقاشه ، ولكن بعض النتائج لأكسية خضرية مروية جيداً ومتطورة في الحقل تم الحصول عليها من الدراسات القياسية لحركة الهواء ، ومن محاصيل داخل حواجز وكذلك من حجرات نمو مبينة في الشكل 3.5 . فعند معدلات منخفضة من الإشعاع (< 0.4 سعر / سم^2 / دقيقة) يزيد البناء الضوئي للمحصول زيادة تكاد تكون خطية بالزيادة في الإشعاع . ودوام التشبع الضوئي الواضح عند معدلات عالية من الإشعاع يختلف كثيراً من يوم ليوم في الحقل . ولقد أظهرت قياسات Denmead (1970) في 15 أكتوبر ؛ حيث كان ثاني أكسيد الكربون الجوى مرتفعاً ، دليلاً ضعيفاً على زيادة التشبع الضوئي والمعدلات القصوى للبناء الضوئي مقارنة بما في 16 أكتوبر حيث كانت معدلات ثاني أكسيد الكربون الجوى وسرعة الرياح أقل .

إن العلاقة بين صافي التبادل لثاني أكسيد الكربون ودليل مساحة الورقة لمحاصيل القمح مبينة في شكل 4.5 حيث يزيد صافي البناء الضوئي متمشياً مع الزيادة في دليل مساحة الورقة إلى أن تصل حوالي 6 . ولكن أبعد من ذلك كان صافي معدل تبادل ثاني أكسيد الكربون مستقلاً عن دليل مساحة الورقة وبدون نقطة واضحة للحد الأمثل (Wang & Wei ,1964) وأظهرت أيضاً تجارب تحليل النمو التي أجراها Stoy (1965) عدم وجود انخفاض في معدل نمو المحصول عند قيم لدليل مساحة الورقة تصل 9 ، مع أن معدل صافي البناء لوحدة مساحة الورقة ينخفض بالزيادة في دليل مساحة الورقة . تسهم الأوراق العليا الأكثر إضاءة بالقدر الأعظم من صافي البناء الضوئي للمحصول (Denmead, 1969; 1970 Puckridge , 1969) ، وكان استنزاف ثاني أكسيد الكربون خلال



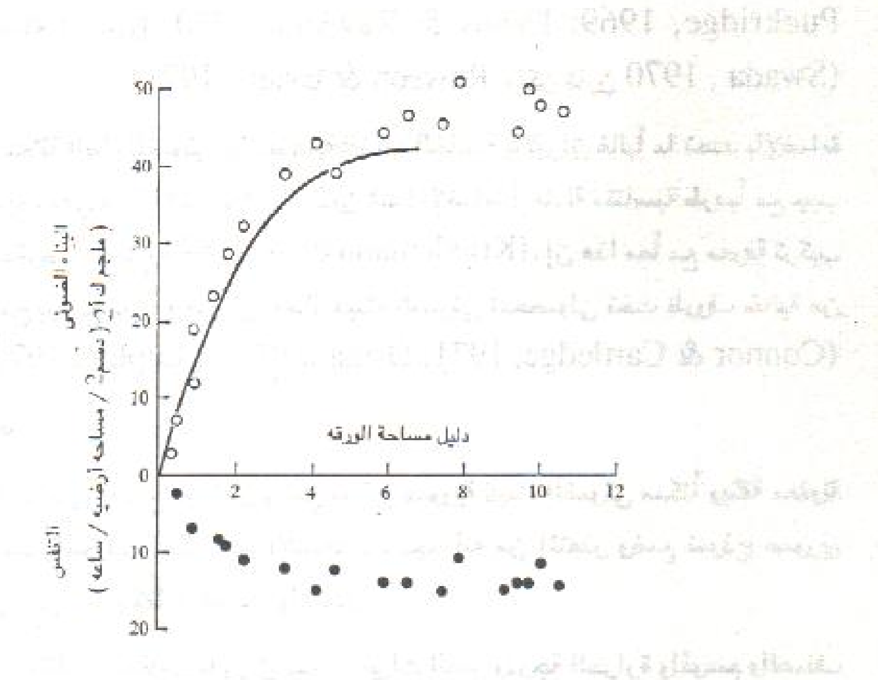
شكل 3.5 : البناء الضوئي في محاصيل القمح في علاقته مع الإشعاع الساقط :

(أ) في الحقل (أكتوبر 14 = o ; 15 = × ; 16 = •) (Denmead , 1970

وبيانات غيرمنشورة) .

(ب) في حقل ومسيج - خط متصل (Puckridge & Ratkowsky , 1971)

(جـ) في حجرة نمو مضاءة صناعياً - خط متقطع (King & Evans , 1967)



شكل 4.5 : العلاقة بين البناء الضوئى أو التنفس ودليل مساحة الورقة فى محاصيل القمح .

الخط المتصل لمحصول حقلى تحت إشعاع ساقط يساوى 0.6 سعر/ سم^2 / دقيقة (من Puckridge & Ratkowsky , 1971) ؛ الدوائر لمحصول فى حجرة مضاءة صناعياً ذات إشعاع مرئى يساوى 0.27 سعر / سم^2 / دقيقة ؛ النقط لتنفس المحصول فى الظلام عند 20 °م (من King & Evans , 1967) .

المحصول فى النهار واضحاً فى منطقة الأوراق العليا . ولقد كان الدفق (Flux) الصاعد لثانى أكسيد الكربون من التربة فى المحصول الذى قام بدراسته Denmead واضحاً وسط الأوراق السفلى ، مع احتمال أنه كان كافياً لسد الثلث من الإحتياجات الكلية للمحصول خلال النهار . وحيث أن صافى البناء الضوئى للمحصول لم يظهر انخفاضاً عند قيم عالية من دليل مساحة الورقة ، لذا من المستبعد أن يوجد صافى فقد لثانى أكسيد الكربون ؛ نتيجة تنفس الأوراق السفلى خلال ضوء النهار .

إن التنفس والبناء الضوئى بواسطة السنابل سوف يؤخذ بعين الاعتبار فيما بعد ، غير أنه يجب أن يلاحظ هنا أن أغمدة الأوراق والسيقان يمكن أن تسهم وبوفرة فى صافى البناء

الضوئى بواسطة المحصول Puckridge, 1969; Evans & Rawson, 1970 (Swada , 1970 ولكن قارن Rawson & Evans, 1971)

إن علاقة البناء الضوئى والاستجابة للضوء الخاصة بالأوراق غالباً ما تحدد بالإضاءة الساقطة عمودياً . وفى حالة الإضاءة المائلة تكون شدة الإضاءة المعادلة متناسبة طردياً مع جيب التمام لزاوية سقوط الإشعاع (Kriedemann et al. 1964). إن هذا معاً مع معرفة تركيب الكساء قد سمح بوضع نماذج صورية فعالة للبناء الضوئى المحصولى تحت ظروف خالية من الإجهادات (Connor & Cartledge, 1971; Osman, 1971a; Lupton, 1972)

التنفس :

فى الوقت الذى أصبح فيه الآن وضع نماذج صورية للبناء الضوئى ممكناً وبثقة معقولة وعلى الأقل تحت الظروف الخالية من الإجهاد . . نجد أنه من المتعذر وضع نموذج صورى للتنفس مرضى نظراً لعدم كفاية البيانات والأفكار .

لقد قيس التنفس الظلامى للأوراق تحت تأثيرات العمر ودرجة الحرارة والموسم والصنف مراراً (Stoy, 1965 ; Swada, 1970) . ولقد كانت معدلات الخارج من ثانى أكسيد الكربون لوحدة الوزن الجاف للأوراق عند أعمار ودرجات حرارة مختلفة مشابهة لتلك التى فى الجذور ، ولكنها أقل وبدرجة ملحوظة عن تلك التى فى السيقان (Swada , 1970) غير أن المعدل التنفسى للساق ينخفض إلى مستويات أقل بكثير حالما تكتمل الاستطالة (0.2 - 0.7 ملجم ك أ $_2$ / جم وزن جاف / ساعة) (Stoy, 1965; Rawson & Evans, 1971) مقارنة بـ 7 - 10 ملجم ك أ $_2$ / جم وزن جاف / ساعة (Swada ,1970) ، ويبقى ثابتاً خلال مدة امتلاء الحبوب .

عند تلك المرحلة يتناسب معدل التنفس لوحدة الوزن الجاف من الساق عكسياً مع طول الساق وتكون أعلى أربع مرات تقريباً فى الأصناف القزمية مقارنة بالأصناف المتوسطة (Rawson & Evans , 1971) ، وبالتالى توجد فروق كبيرة بين الأصناف فى الفاقد فى وزن الساق ، الناجم عن التنفس خلال فترة امتلاء الحبوب ، وهذا بصفة عامة يشكل حوالى ثلث الفاقد الكلى فى وزن الساق أما الباقى فيحتمل أن يكون ناجماً عن الانتقال .

يختلف تنفس الجذور باختلاف التوقيت اليومى فى علاقته بالبناء الضوئى . حيث إنه ينخفض تدريجياً أثناء الليل ويرتفع بسرعة حالما يبدأ البناء الضوئى فى وجود الضوء

(Neales & Davies , 1966 ; Osman , 1971 . a) إن التنفس الظلامي لمحصول القمح لا يتناسب طردياً مع الوزن الجاف المتراكم أو دليل مساحة الورقة ، ولكن يصل إلى مرحلة مستقرة عندما يزيد دليل مساحة الورقة على الستة (قارن شكل 4.5) ، ويكون المعدل في اللحظة التي عند درجة 20 ° م حوالي ثلث صافي معدل البناء الضوئي عند كل مرحلة نمو(King & Evans , 1967) . وبالتالي ، فإن التنفس الظلامي يقل كثيراً بزيادة نمو المحصول ، كما أوضح (Puckridge & Ratkowsky (1971 . وببادرات من القمح وجد (Swada (1970 أيضاً علاقة خطية بين تنفس النبات ومعدل البناء الضوئي ، إلا أنها كانت ذات تباين موسمي كبير .

يوجد افتراض مهم في بعض الطرق المتبعة في تقدير تنفس المحصول ، وهو أن التنفس مقيد وبشدة في كل مراحل تطور المحصول . غير أنه وجد في نباتات من القمح أزيلت سنابلها خلال فترة امتلاء الحبوب ، أن الفاقد النسبي لنشاط ^{14}ك المثبت في البناء الضوئي ، كان أعلى مما في النباتات الحاملة للسنابل (Baricka & Dakic - Wlodkowska , 1963 ; Birecka , 1968) وفي تجارب لاحقة وجد (Birecka et al (1969 أن أخذ الأكسجين وإعطاء ثاني أكسيد الكربون بواسطة السلاميات الكاملة النمو لسيقان القمح يزيد بحوالي الضعفين عقب إزالة السنابل . هل عدم التقيد الظاهر للتنفس هذا ناجم عن تراكم نواتج البناء أو نتيجة للإصابة والضرر ؟ إن الإجابة على ذلك تحتاج إلى مزيد من البحث .

التطور التكاثري

يعتبر توقيت الدورة التكاثرية في القمح أحد المحددات المهمة في الإنتاجية . حيث إنه إذا بدأ التطور الزهري مبكراً . . فإن احتمال إضرار السنابل الصغيرة الناجم عن الصقيع يكون كبيراً ، ومن جهة أخرى ، إذا بدأ التطور متأخراً أو إذا كان بطيئاً . . فإنه من المحتمل أن يؤدي إلى قصر مدة امتلاء الحبوب نتيجة ارتفاع درجة الحرارة والإجهاد المائي ، أو يؤدي إلى ظهور بعض المشاكل في الحصاد . إن المدى الواسع للظروف البيئية التي ينمو فيها القمح يقابله مدى آخر واسع مساو له بين الأصناف في استجابتها للظروف البيئية ، أثناء تكون وتطور الأزهار . والتحكم في دورة التكاثر غالباً ما يتم تحقيقه باستجابة الأصناف للارتباع

والنهار الطويل قبل تكوين الأزهار .

إن كثيراً من الأسلاف البرية والأقماح البدائية تظهر استجابات واضحة للارتباع والنهار الطويل وتعتبر أهمية هذه الإستجابات واضحة من حيث التأقلم لمناخ منطقة البحر الأبيض المتوسط . ولقد أظهرت الأقماح الربيعية التى من المناطق الشمالية البعيدة مثل شمال أوربا وكندا إستجابات واضحة للنهار الطويل ، ولكن استجابتها للارتباع كانت قليلة ، أظهرت الأقماح الشتوية من جهة أخرى استجابة قوية تصل إلى درجة الضرورة القصوى للارتباع .

فى مناطق خطوط العرض القريبة كما فى استراليا والهند .. نجد أن أغلب الأصناف تتأخر فى إزهارها بدرجة أقل نتيجة تأثير النهار القصير، ولكن حتى الأقماح الربيعية يمكن أن تظهر بعض الاستجابة للارتباع . (1954; Cooper, 1956, 1957, Gott, 1961 Misra; Razumov &Liar, 1971; Syme, 1968) إن الحاجة للارتباع فى الأماكن الأقل برودة فى الشتاء يمكن أن تكمن فى تأخيره للإزهار فى الربيع ، ولكن دور الإرتباع فى المناطق الباردة يمكن أن يكون فى منع تكوين الأزهار فى الخريف ، بينما الحاجة للنهار الطويل تؤخره حتى الربيع إلى أن يمر خطر الصقيع .

إن بعض التحكم فى وقت الإزهار يمكن تحقيقه من خلال الاختلافات أو التباين فى العمر الأدنى الذى تستجيب عنده النباتات لطول اليوم . ومن المعروف أن مثل هذه الاختلافات تحدث فى الأرز ، ولكنها نادراً ما درست فى القمح . بعض الأقماح يمكن أن تستجيب للنهار الطويل فى الوقت الذى لم تظهر على النباتات إلا الورقة الأولى (Cooper , 1956) ، بينما وجد (1961) Gott صنفاً كندياً غير حساس لطول النهار ، لمدة لا تقل عن 75 يوم . إن مثل هذه الاختلافات يمكن أن تكون مهمة فى تحديد التأقلم المحلى والعمليات الزراعية .

الإرتباع :

يعتقد أن الاستجابة للارتباع تحدث فى المنطقة القمية للمجموع الخضرى ، وحتى فى المنطقة القمية المبتورة للقمح (Ishihara , 1961) ، وبالتالى فإن كلاً من الحبوب المتشربة للماء فى التربة والنباتات الصغيرة الخضراء يمكن أن يتم ارتباعها . وفى الحقيقة . حتى الحبوب المعرضة لدرجات حرارة منخفضة أثناء تطورها يمكن أن تستوفى احتياجاتها من الارتباع وهى موجودة فى السنبلة (Weibel, 1958; Riddell & Gries,1968b)

وتأثير الارتباع طبقاً لـ (Chujo (1966 a يقل بزيادة عمر النبات ويفقد بالكامل بعد ثلاثة شهور . يظهر أن الارتباع عند درجات حرارة أقل من o °م يكون بطيئاً جداً (Schmalz , 1958 ; Ahrens & Loomis , 1963) واقترح (1959) Junge (أن 3 °م كانت أكثر درجات الحرارة تأثيراً لعملية الارتباع فى القمح الشتوى ، وكانت 10 °م للأقماح الربيعية (Chujo , 1966 a) وتعتبر 11 °م هى الحد الأعلى للأرتباع الفعال ، ولكن درجات الحرارة أثناء النهار حتى 30 °م لا تقلل من التأثير الإرتباعى لليالى الباردة بشرط عدم تجاوزها 8 ساعات كل يوم (Chujo , 1966 b) . لأن الفترات الطويلة لدرجات الحرارة العالية أثناء الارتباع يمكن أن تبطل فاعليته (Chujo , 1967) .

ارتباع النهار القصير :

هناك تفاعل بين الاستجابة للارتباع وطول النهار ، كما يحدث فى عديد من نباتات النهار الطويل . ويقلل الارتباع من الاحتياج للنهار الطويل بعده . ومن جهة أخرى تجد أن تعرض النباتات غير المرتبعة لأيام ذات نهار قصير خلال النمو المبكر ، يمكن أن يسرع من بداية تكون الأزهار بها إذا ما نقلت بعدها مباشرة إلى ظروف النهار الطويل ، كما لوحظ لأول مرة فى القمح بواسطة (Mckinney & Sando (1935 .

إن هذا النوع من الارتباع ، أى ارتباع النهار القصير يمكن أن يغنى عن الإحتياج للارتباع الناجم عن درجة الحرارة المنخفضة ، ووجد (Cooper (1960 أن الأيام ذات النهار القصير تساوى فى فاعليتها الأيام الباردة فى الاسراع فى التزهير لعديد من الأقماح . ولكن من جهة أخرى لم يجد (Gott (1961 دليلاً على ارتباع النهار القصير ، وتقترح نتائج(Krekule (1964 أن الأيام ذات النهار القصير يمكن أن تحل محل الارتباع البرودة ، ولكن فى الأصناف التى يقف نموها تحت ظروف النهار القصير . ولا تستطيع أن تحل محل درجات الحرارة المنخفضة فى الأصناف التى لا تبقى ساكنة تحت ظروف النهار القصير ، كما هو الحال فى أغلب الأصناف التى فى مناطق قريبة من خط الاستواء .

الاستجابة للنهار الطويل :

إن أغلب أصناف القمح تعتبر من نباتات النهار الطويل كمياً ، حيث إنها تسرع فى إزهارها بزيادة طول النهار ، ولكن دون حد أدنى لطول النهار ، بالرغم من أن

Samygin (1946) ذكر عدداً من الأصناف تبدو أنها تبقى خضرية على نحو غير واضح تحت ظروف النهار القصير .

تختلف الأصناف بصفة رئيسية فى المدى الذى عنده يتأخر الإزهار نتيجة للنهار القصير (Cooper, 1956; Gries et al. 1956) ، وأيضاً فى المدى الذى عنده تتحور الاستجابة لطول النهار بدرجة الحرارة (Riddell & Gries, 1958 a) إن درجات الحرارة العالية لها تأثير قليل، عندما تكون مصحوبة بالنهار الطويل ، ولكن يمكن أن تزيد كثيراً من التأخير فى الإزهار تحت ظروف النهار القصير لبعض الأصناف كالأصناف الصينية مثلاً . وفى أصناف أخرى كالـ " White Federation " يكون التأخير أكثر وضوحاً عند درجات حرارة منخفضة . إن الاستجابة للنهار الطويل هى استجابة حقيقية للفترة الضوئية ، ولا تتأثر إلا قليلاً بشدة الإضاءة خلال الجزء الأخير من النهار (Riddell et al. 1958) .

التطور الزهرى :

لقد وصف (1967) Bonnett التركيب الخارجي أو الظاهرى لأزهار القمح ، وكذلك وصفها (1955) Barnard من الناحية التشريحية بينما قدم (Williams, R.1966) وصفاً كمياً مفصلاً لتطور الأزهار .

إن معدل تطور الأزهار غالباً ما يكون أسرع بارتفاع شدة الإضاءة

(Friend,1965a) وبزيادة طول اليوم(Williams R .& Williams, C. 1968

(Riddell & Gries , 1958 a ; وبارتفاع درجة الحرارة

(Friend ,1965 a ; Riddell & Gries , 1958 a Halse & Weir , 1970 ;

Rawson , 1970) وفى بعض الأصناف نجد أن حاجة الأزهار للنهار الطويل فى تطورها تكون أكثر وضوحاً مما فى بداية تكوينها (Gott , 1961 Halse & Weir , 1970). ويمكن لظروف النهار القصير أن تمنع تكون السنابل بالكامل ، أو تسبب انقسامات غير عادية (Rawson, 1971) .

يكون عدد السنيبلات عالياً عندما تكون شدة الإضاءة عالية (Friend ,1965 a) . وبالتالى . . فإن عدد السنيبلات يمكن أن ينخفض فى حالة الكثافات النباتية العالية (Puckridge, 1968) وأيضاً فى المحصول ذى الأشطاء الكثيفة أو بعد إزالة جزئية

للأوراق (Davidson,1965) . وتزيد المعدلات العالية من النيتروجين عدد السنيبلات (Single1964 ; Beveridge et al . 1965) ، ولكن فقط عندما تضاف قبل بداية تكون الأزهار (Langer & Liew , 1973) .

وقد تؤدى أيضاً الظروف التى تسرع من تكون الإزهار إلى خفض عدد السنيبلات ، وذلك بالإسراع فى تكوين السنيبلة الطرفية . وبالتالى وإلى حد ما ، تعتبر ملاحظة Thorne et al . (1968) بأن عدد السنيبلات يتحدد بظروف سابقة لبداية تكون الأزهار ، ذات علاقة وثيقة بموضوع التزهير وخاصة فى الأقماح الشتوية ، ولكن تجارب Rawson (1970) أظهرت كذلك وبوضوح أهمية الظروف اللاحقة لبداية تكوين الأزهار . فمثلاً ، التعرض لظروف النهار الطويل أطول من المطلوب للحث المبكر قلل وبدرجة كبيرة عدد السنيبلات وعدد الحبوب وإنتاجية السنيبلة بدرجة متناسبة . وفى الحقيقة توجد علاقة عكسية بين طول النهار وعدد السنيبلات (Rawson , 1971) .

وجد Pinthus (1967) أن الأقماح الشتوية التى تنمو فى فلسطين لديها أعداد من السنيبلات ، وإنتاجية حبوب أعلى من الأصناف الربيعية . وطبقاً لما قام به (Rawson , 1970) يظهر أن الأساس لهذه الاستجابة بصفة رئيسية ، هى الزيادة فى إمكانية تراكم بدايات السنيبلات عند قمة النباتات ، بسبب تأخر بداية تكون الأزهار نظراً لعدم تلبية احتياجات الارتباع . وبالتالى . . فإن الانتخاب للإنتاجية العالية يمكن أن ينتج عنه ، وبدون دراية حتجاز الاستجابة للارتباع كما هو الحال فى عديد من الأقماح المكسيكية القصيرة . وطالما بدأ تكون الإزهار . . فإن الاختلافات فى معدل تطور الأزهار بين النباتات المرتبعة وغير المرتبعة تكون قليلة (Cooper , 1956 ; Riddell & Gries, 1958 b)

بعد تكون السنيبلة الطرفية ، لم يعد للظروف البيئية أى تأثير على عدد السنيبلات ، غير أنها يمكن أن تؤثر فى عدد الأزهار المتمايزة فى كل سنيبلة ، ولو أن مثل هذه التأثيرات لم يسبق دراستها إلا نادراً . يعتمد عدد الحبوب فى السنيبلة على معدلات الإضاءة فى الفترة بين بداية تكون الأزهار وتفتحها (Willey & Holliday, 1971) ويظهر أن تطور حبوب اللقاح حساس وبصفة خاصة للإجهاد المائى ودرجة الحرارة العالية ، عند مرحلة الانقسام الاختزالى (Bingham , 1966 ; Fischer , 1973) .

لقد تم تتبع التغيرات التى تحدث مع الزمن فى حجم الزهرة(Williams R. 1966)

مرحلة التمايز (Langer & Hanif , 1973) للأزهار المختلفة ، ولكن إلى أى مدى يتنافس تطور الأزهار العليا مع نمو الساق والسفا أو الورقة مع تأثير الظروف البيئية . إن ذلك غير معروف . إن النهار الطويل يسرع من تطور الأزهار ، بينما المعدلات العالية من النيتروجين تعمل على تأخيره (Langer & Hanif, 1973) وتزيد من عدد الحبوب فى السنبلة (Single , 1964 ; Langer & liew , 1973) .

يمكن أن تتراوح المدة من بداية التكون الزهرى إلى تفتح الأزهار ، من أسبوعين إلى شهور عديدة ، ويعتمد هذا التفاوت على الصنف والظروف البيئية .

ونظراً لأن وقت بداية التكون الزهرى لا يجب أن يكون مبكراً ، وذلك حتى تتمكن السنابل التى فى مرحلة التطور من تفادى أضرار الصقيع ، فى حين يجب أن يبدأ امتلاء الحبوب فى أقرب وقت ممكن ، حتى يتزامن مع البناء الضوئى العالى للمحصول ، ويتجنب إجهاد الظروف البيئية عند نهاية الموسم . . لذا فإن أحد أهداف برامج التربية ، يمكن أن يكون لزيادة معدل التطور الزهرى ، وبالتالى تقليل مدة بقائه طالما أن هناك فروقاً وراثية فى هذا المعدل . (Pinthus, 1963) غير أن القيام بذلك يمكن أن يكون مضاداً للإنتاج من حيث كونه يمكن أن يؤثر تأثيراً سيئاً على عدد السنيبلات بالسنبلة ، وربما أيضاً على الأزهار المخصبة فى السنبلة ، وهذه فى الغالب محددات قوية للإنتاج من القمح . إن أقصى حد لعدد السنابل فى وحدة المساحة يتحدد فى الغالب بمدى تكون الأشطاء قبل بداية التكون الزهرى، بينما يتحدد المكون الآخر الرئيسى للإنتاجية وهو حجم الحبة وبصفة رئيسية بالظروف البيئية بعد تفتح الأزهار.

ولكن للحصول على أقصى فائدة ممكنة من الظروف المناسبة خلال فترة امتلاء الحبوب ، يتطلب تكون كثير من السنيبلات ، وتطور بطىء نسبياً للمجموع الزهرى فى بدايته ، وهذا هدف محدد وواضح لبعض مربى النبات الأوربيين (Bingham, 1967) علاوة على ذلك يمكن للاستطالة المتأخرة للسنابل عندما تكون سريعة ، أن تتعارض مع تطور عديد من الأزهار المخصبة فى السنيبلة .

وبالتالى . . فإن المعدل الأمثل للتطور الزهرى هو أن يكون وسطاً أو اتزاناً بين الحاجة لتطوير سعة تخزين كافية والحاجة لملئها . وهذا يعتبر حلاً وسطاً أو إتزاناً يختلف تأثيره باختلاف تعاقب الظروف فى كل وسط بيئى .

التفتح الزهرى والإخصاب وتكون الحبوب :

ليس كل الأزهار التى تصل مرحلة التلقيح تكون حبوباً

(Evans , Bingham & Raskams, 1972) . ومـن الأهميـة أن نأخـذ فـى الاعتبار ما يسبب انخفاض تكون الحبوب عن الحد الأقصى الممكن الحصول عليه .

لقد سبـق وأن روجعت بيولوجية الإزهـار فى القمح بواسطة de Vries (1971) ، ويمزيد من الإشارة إلى إنتاج البذور الهجين . إن الأزهار غالباً ما تتفتح فى الساعات الأولى من ضوء النهار لمدة 8 إلى 30 دقيقة أو أكثر . وتحت الظروف الحقلية لا تستمر حيوية حبوب اللقاح إلا لمدة ساعات قليلة فقط بعد انتشارها (Goss, 1968) ، ويحدث إنبات حبوب اللقاح بعد 1 إلى 1.5 ساعة بعد التلقيح (Hoshikawa , 1959) ، ويستمر الإخصاب من 3 إلى 9 ساعات فيما بعد معتمداً على درجة الحرارة

(Morrison,1955; Hoshikawa, 1960, 1961b) ولكن قارن Percival (1921) إذا لم يحدث الإخصاب عند التفتح تستمر الكربلات فى النمو ببطء محتفظة بقدرتها على الإخصاب لمزيد من الوقت يتراوح من 3 إلى 5 أيام

(Hoshikawa, 1961 c ; Evans, Bingham & Raskams, 1972)

ومـن الممكن أن تتفتـح الزهـرة مرة أخرى . يمكن لدرجات الحرارة العالية عند تفتح الأزهار أن تسبب العقم ، ودرجة الحرارة المثـلى للإخصـاب 18 - 24 °م ، والصغرى 10 °م ، والعظمـى 32 °م ، وذلك طبقـاً لـ Hoshikawa (1959) . وشدة الإضـاءة العالية أثناء فترة الإخصاب يمكن أن تشجع على تكون البذور (Wardlaw 1971) الذى يتأثر كثيراً بالإجهاد المائى (Asana, 1961;Wardlaw 1971) ولكن بدرجة أقل مقـارنة بالإنقسـام الإختزالى (Fischer , 1973) .

قام Rawson & Evans (1970) بتعقيم الأزهار السفلى فى السنيبلات الوسطى وهى التى تتفتح أولاً ووجدا أن هناك تعويضاً فى تكون البذور ، ليس فقط فى الأزهار الطرفية لهذه السنيبلات ، ولكن أيضـاً فى السنيبلات التى فى قمة وقاعدة سنابل القمح " Triple Dirk " ، وترتب على ذلك زيادة الحبوب فى السنيبلات . وحيث إن وزن الحبوب البديلة كوزن الحبوب المستعاض عنها . لذا أدى ذلك لزيادة إنتاجية السنبلة . حدث هذا أيضاً

فى تجارب أخرى (Evans Bingham & Roskams 1972) والتى فيها تم خصي الأزهار السفلى وليس عقمها وأجل تلقيحها لمدة 6 أيام . ولقد اتضح أن الأزهار الأكثر تقدماً تستطيع أن تمنع تكون البذور ، ليس فقط فى الأزهار الطرفية لنفس السنيبلة ، ولكن أيضاً فى السنيبلات الأكثر بعداً حتى ولو تأخر إخصابها . إن كلاً من المبايض والمتوك لديها هذا التأثير، والذى هو فى الغالب هرموني فى طبيعته . تختلف الأصناف كثيراً فى ظاهرة المنع هذه ، والتى انخفضت مع الزمن الذى تطور فيه القمح من أحادى الحبة إلى ثنائى الحبة ثم إلى الأصناف الحديثة ، التى يمكن أن تكوّن أربع حبوب أو أكثر فى كل سنيبلة .

نمو الحبة :

يتبع نمو الحبة من البداية إلى النضج نظاماً معقداً ذا أطوار عديدة . ويكون نمو الكربلات قبل التفتح ثنائى الأطوار بينما يحدث نمو البويضة بمعدل ينحدر تدريجياً (Williams. R.1966)

ويكون النمو بطيئاً قبل وبعد التفتح مباشرة . وعند هـذه المرحلة يمكن أن توجد فروقاً واضحة بين مواقع الأزهـار (Rawson &Evans 1970) ، وبـين الأصنـاف (Bremner, 1972) فى حجم المبيض . يكون النمو المبدئى عقب الإخصاب سائدا فى مادة غلاف الحبة الخارجى وفى بقية غلاف الحبة

(Rijven & Cohen 1961 ;Jenning & Morton,1963 aMorrison, 1955)

تكون بعد الإخصاب بداية أنوية للإندوسبيرم حرة وبمعدل يعتمد على درجة الحرارة (Hoshikawa 1961a) وعقب تكون جدار الخلية يزيد الأندوسبيرم بسرعة فى عدد الخلايا ثم بعد ذلك فى الحجم مع بداية تخزين النشا بعد التفتح بأسبوع أو أسبوعين . يعقب ذلك فترة زمنية تتراوح من أسبوعين إلى أربعة أسابيع حسب درجة الحرارة وحدوث الإجهاد المائى يتم خلالها الزيادة فى وزن الحبة والتى غالباً ما تكون خطية (شكل 5.5)

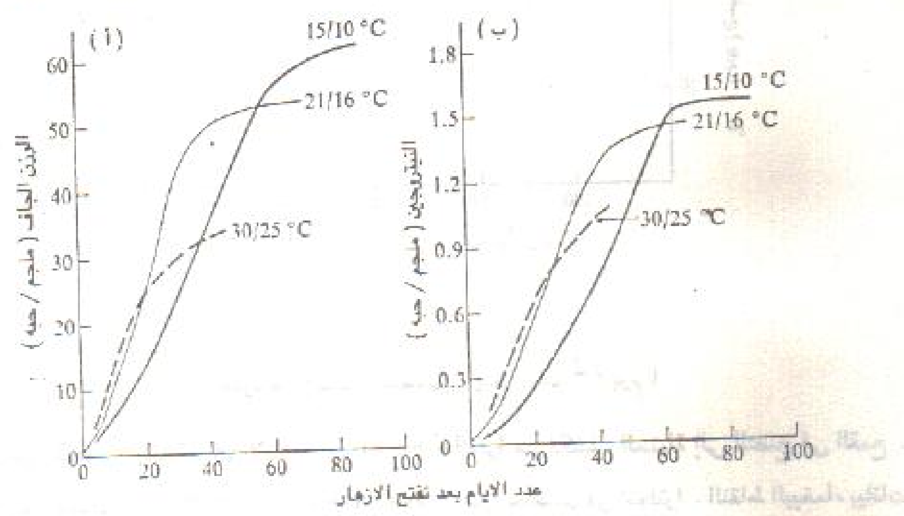
(Asana & Bagga , 1966 ; Bremner, 1972 ; Evans & Rawson 1970)

ويتبع ذلك الإقتراب من وزن الحبة الناضج . وفى الطور الأخير هذا ينخفض المحتوى المائى للحبة ويكون الانخفاض بطيئاً فى البداية ، ولكن بمجرد أن يصل إلى 40 ٪ ينخفض فجأة إلى 5-14٪ (Jenning & Morton , 1963a ;Asana & Bagga © ,1966)

يظهر نمو الجنين في البداية متخلفاً عن الإندوسبيرم ولكنه يستمر خلال مدة تطور الحبة . وجد (Hoshikawa (1961 a أن الزيادة في عدد أنوية الأندوسبيرم يمكن أن تبدأ خلال يوم من التلقيح عند درجة حرارة 30° م ، وتبدأ حبيبات النشا الأولية في التراكم خلال 5 أيام والثانوية خلال 10 أيام . وكان الانقسام الخلوى منتهياً بعد 12 يوم والنمو الخلوى بعد 19 يوم وتم الوصول للنضج فى 23 يوماً . وكانت الفترات الفاصلة المناظرة عند درجة حرارة 20 ° م 3 , 7 , 16 , 19 , 37 , 43 يوماً .

وتزيد درجات الحرارة العالية من معدل تكون خلايا الأندوسبيرم (Wardlaw,1970) وفى بعض الأحيان لا يتأثر العدد النهائى للخلايا بالحرارة (Hoshikawa, 1961 a) وفى تجارب قام بها (Asana & Bagga, (1966 وجد أن الزيادة فى DNA الأندوسبيرم تتوقف بعد حوالى 14 يوماً من تفتح الأزهار ، وبعد 19 يوماً فى تجارب أخرى (Jennings & Morton (1963 a.

أدت شدة الإضاءة المنخفضة لمدة 7 - 10 أيام بعد تفتح الأزهار إلى خفض أعداد خلايا الاندوسبيرم ، وأيضاً الوزن النهائى للحبة ؛ وخاصة عند درجات حرارة عالية (Wardlaw, 1970) إلا أن الإجهاد المائى فى نفس الفترة الزمنية زاد من معدل

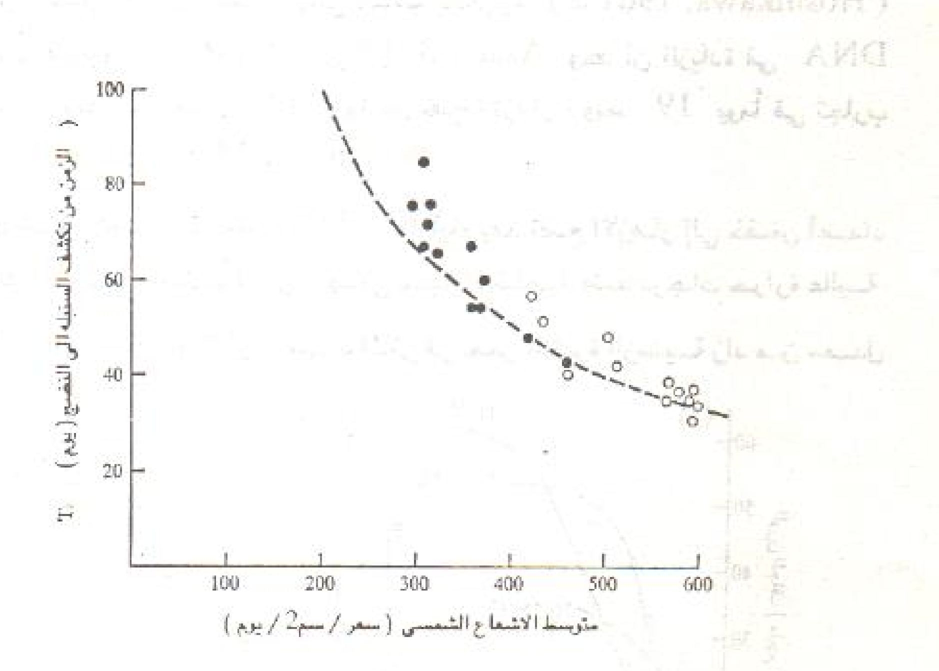


شكل 5.5 : تأثير الحرارة على تراكم (أ) الوزن الجاف (ب) النيتروجين فى حبوب الأزهار القاعدية فى السنيبلات الوسطى لقمح " Late Mexico 120 " .

المصدر : (Sofield et al . 1974) .

الإنقسام الخلوى ومن المعدل البدائى لنمو الحبة (Wardlaw, 1971) ، قارن أيضاً (Konovalov, 1959 ; Asana & Joseph , 1964) ولكن سبب انخفاضاً فى وزن الحبة النهائى . لقد كانت الزيادة المبدئية فى عدد الخلايا ، وفى وزن الحبة مرتبطة بانخفاض فى تكون البنور ناجماً عن الإجهاد المائى (Wardlaw, 1971) .

إن لدرجة الحرارة تأثيراً واضحاً على طول مدة امتلاء الحبوب ، التى تطول عند درجات الحرارة المنخفضة مما ينجم عنه وزن أكبر للحبوب (شكل 5.5 , Wattal , 1965) .



متوسط الإشعاع الشمسى (سعر / سم ^{2} / يوم)

شكل 6.5 : العلاقة بين الإشعاع الساقط وطول الفترة من تكشف السنبلة إلى النضج فى القمح . النقاط السوداء بيانات (Welbank et al . (1968 ، من محاصيل فى انجلترا . النقاط البيضاء بيانات غير منشورة لـ Fischer من محاصيل مكسيكسة . الخط المتقطع يمثل إجمالى إشعاع يساوى 20000 سعر / سم ^{2} .

وفى تجارب (Asana & Wardlaw, (1965 كان التأثير الرئيسى راجعاً لدرجة حرارة النهار ، حيث انخفض حجم الحبة حوالى 16 ٪ بزيادة درجة الحرارة من 25 °م إلى 31 °م ، ولكن (Peters et al. (1971 وجدوا أن الزيادة فى درجة الحرارة أثناء الليل من 9 إلى 25 °م أدت إلى انخفاض النصف تقريباً فى إنتاجية الحبوب ؛ بسبب قصر مدة امتلاء الحبوب . وتشير النتائج المبينة فى شكل 6.5 إلى وجود إنخفاض واضح فى مدة امتلاء الحبوب ، نتيجة زيادة الإشعاع الساقط على المحصول فى الحقل . غير أن تجارب phytotron أظهرت أن درجة الحرارة هى التى لها السيادة فى التأثير على طول مدة امتلاء الحبوب ، وليس الإشعاع (Marcellos & Single, 1972 ; Sofield et al. 1974) (وقارن شكل 5.5) . ويظهر أن النتائج التى فى (الشكل 6.5) ناجمة عن التباين المشترك فى الإشعاع والحرارة .

تتباين معدلات نمو الحبة تبايناً كبيراً ، حيث إنها تصل إلى 2.09 ملجم فى اليوم حسب نتائج (1966) Asang&Bagga ، وتنموا الحبوب التى فى مواقع مختلفة على نفس السنبلة بمعدلات مختلفة .فالحبوب التى فى الأزهار الثانية على سبيل المثال تكون أصغر فى البداية ولكن يمكن أن تكون أسرع فى نموها ، وتنتهى بأن تكون أكبر من التى فى الأزهار القاعدية : (Rawson & Evans, 1970; Bremner,1972; Rawson& Ruwali, 1972b) وبالتالى لاتوجد علاقة بسيطة كالتى اقترحها (Bonnett (1967 بين موعد التزهير و حجم الحبة . وتكون الحبوب التى فى السنيبلات العليا من السنبلة أبطىء فى نموها من التى تحتها ، وتصلها كميات أقل من نواتج البناء الضوئى الناتجة من ورقة العلم والأوراق اللاحقة (Rawson &Evans,1970; Evans, Bingham,Jackson & Sutherland, 1972) . وعندما انخفض الإمداد بنواتج البناء الضوئى بإزالة الأوراق أو التظليل ، لوحظ أن أسوأ انخفاض فى نمو الحبوب كان فى السنيبلات العليا (Bremner , 1972) . غالباً ما ترتبط الفروق بين الأصناف فى حجم البذرة بفروق فى الإنتاجية ، غير أن مدى ارتباطها بالفروق التى فى المعدل أو التى فى مدة امتلاء الحبوب لازال مجهولاً . ولو أن الأخير يعتبر أقرب إلى الصحة حيث إن (Asana & Joseph (1964 وجدا أن حبوب " PBC 281 " تزيد بنفس المعدل الذى تزيد به حبوب " NP 720 " لـ 26 يوماً الأولى بعد تفتح الأزهار ، ولكنها تستمر فى النمو لمدة أطول وكونت بالتالى حبوباً أكبر حتى عندما كانت النباتات فى الظلام بعد اليوم السادس والعشرين .

يعتمد الحجم النهائى للحبوب إلى حد ما على عدد الحبوب فى السنبلة ، فعلى سبيل المثال ، وجد (1967) Bingham بسنابل أخصيت فى صنف تجريبى أن وزن الحبوب فى مواقع معينة يزيد كلما انخفض عدد الحبوب بالسنبلة . وهذا يمكن أن يدل على أن حجم البذرة كان إلى حد ما محدوداً بمدى توفر نواتج البناء الضوئي .إلا أن إنتاجية السنبلة الواحدة من الحبوب انخفضت كثيراً بانخفاض عدد الحبوب ، وهذا يشير إلى المحدودية الكبيرة لقابلية الحبوب المتبقية للنمو بمعدل أسرع أو لمدة أطول . يظهر أن هذه القابلية أو السعة تتحدد إلى حد ما بتداخلات مبكرة بين الأزهار المختلفة والحبوب الصغيرة ، وهى فى الغالب تعتمد على طبيعة هرمونية أكثر من اعتمادها على نواتج البناء الضوئى التى لا يظهر أنها تكون محدودة فى المراحل الأولى لنمو الحبوب (Evans & Rawson, 1970; Wardlaw, 1971) وفى الحقيقـة تحتـاج العمليات الداخلة فى نضـج الحبـة إلى مزيد من البحث . حيث إنه يمكن أن يضمر حجم البذرة نتيجـة للفقد السريع للمـاء بأكثر مـن 50 ٪ فى الأسبـوع (Asana & Bagga , 1966) وهنا يمكن أن يثار التساؤل بأن هذا الانخفاض في الحجم يمثل سعة ممكنة للتخزين غير مستعملة . غير أن التجارب التى نوقشت فى السابق تقترح عدم صحة هذا الرأى . وأسباب توقف التخزين فى وجود نواتج البناء ليست واضحة . تقترح التقديرات التي من بيانات (Jennings & Morton (1963 a والمبنية على محتوى مائى للحبوب عند 5 ٪ فقط ، أن تركيز السكروز فى الحبوب لا يرتفع أكثر من حوالى 8 ٪ كلما انخفض محتوى الماء والتى من المستبعد أن تمنع إنزيمات التخزين . (مثلاً فى تحليل (1969) Turner كان تركيز السكر 9 ٪ فى بداية التخزين) .

لسوء الحظ توقفت دراسة (1961) Rijven & Cohen للإنزيمات قبل المدة عند الانخفاض المفاجىء للوزن الغض ، ولكن الإنزيمات الداخلة فى بناء النشا بقيت نشطة حتى نهاية المدة الخطية لتراكم النشا . بمعنى أنها استمرت إلى ما بعد الوقت الذى بدأ عنده المحتوى المائى فى الهبوط . اقترح كل من Alexandrova و Alexandrov أن تحلل أنوية الأندوسبيرم يحث على نضج الحبة (Frazier & Appalanaidu , 1965) ولكن (Jennings & Morton (1963 a, b لم يجدا أى دليل على انخفاض محتوى الأندوسبيرم من DNA أو RNA خلال النضج . لقد اقترح أن الزيادة فى محتوى الحبة من حامض الفايتك phytic وهى فى أطوار النضج ، يمكن أن يقلل من معدلات ATP وبالتالى يحدث منع للنشاط الأيضى . غير أن (1970) . Williams , S لم يجد دليلاً على

انخفاض معدل ATP ، واقترح بدلاً من ذلك أن حامض الفايتك يمكن أن يفصل أو يحجز الكاتيونات الثنائية في الحبة .

البناء الضوئي والتنفس في السنبلة :

إن سنبلة القمح لديها في أغلب الأحيان معدل منخفض لصافي البناء الضوئي ، وأدى هذا إلى الإقرار بأنها ذات أهمية صغيرة في إمداد الحبوب بنواتج البناء الضوئي (Gabrielsen , 1942) غير أن تنفس الحبوب يمكن أن يسهم بأكثر من 60 ٪ من تنفس السنبلة ، وبالتالي ينتج عن ذلك معدلات واضحة منخفضة للبناء الضوئي في السنبلة (Carr &Wardlaw , 1965 ; Evans & Rawson, 1970) . إن تنفس السنبلة يزيد بسرعة بزيادة معدل امتلاء الحبوب ، ويعادل تنفس الحبوب حوالي ربع مخزونها (Evans & Rawson , 1970) . خلال الأسبوع الأول من تفتح الأزهار يمكن أن يكفي البناء الضوئي للسنبلة ليس فقط تنفس السنبلة والحبوب ، ولكن يمكن أن يسد $3/4$ حاجة نمو الحبوب ، إلا أنه بزيادة الأخير تنخفض مساهمة البناء الضوئي للسنبلة إلى أقل من 20 ٪ من احتياجات الحبوب .

إن مساهمة البناء الضوئي للسنبلة في ملء الحبوب بصفة عامة كانت موضوعاً لكثير من الأبحاث تم عرضها بواسطة (Thorne (1966 ولقد استعمل عديد من الطرق منها تظليل السنابل والأوراق ، التنافس بين الحبوب ، استعمال ^{14}ك $أ_2$ ، والتحليل الغازي ، وأعطت نتائج مختلفة نتج عنها أن البناء الضوئي للسنبلة قدر بأنه يسهم من 10% (Lupton , 1969) إلى 60 % (Saghir et al. 1968) من الوزن الجاف للحبة .

يولد تنفس الحبوب كثيراً من ثاني أكسيد الكربون خلال السنبلة ، الذي يعاد تمثيله إلى حد كبير خلال النهار (Kriedeman , 1966) في الحقيقة الحبوب نفسها يمكن أن تعيد تمثيل كثير من ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفسها في حالة انتقال الضوء خلال قنابعها والكافي لإشباع بنائها الضوئي (Evans & Rawson , 1970) ، وهذا يمكن أن يحد من التبادل الغازي للحبوب إلى حد بعيد (Abdul - Baki & Baker, 1970)

في هذه الحالة يمكن أن يكون توظيف أو استثمار القنابع ذا جدوة ، كذلك الحال بواسطة تقليل الفاقد المائي من الحبوب وإمكانية تأخير النضج . إن كلاً من العصافة العقيمة والمخصبة

تقوم بعملية البناء الضوئى ولكن الأجزاء المكشوفة فقط من كل عصافة هي التي تكون ثغوراً (Teare, Law & Simon, 1972) ومع ذلك تعتبر العصافات هى الأكثر نشاطاً من حيث البناء الضوئى من القنابع ، الذى تتجه أغلب نواتجه إلى الحبة المحتواة . (Bremner & Rawson 1972).

إن وجود السفا يمكن أن يضاعف صافى البناء الضوئى للسنابل (Mc Donough &Gouch , 1959 ; Evans & Rawson, 1970 ; Teare, Sij , Waldren & Goltz , 1972) فى الأقماح الصلبة يمكن للمساحة السطحية للسفا أن تتساوى مع المساحة السطحية الأرضية ، وتزيد عن مساحة أوراق العلم (Mc Donough &Gouch1959) ، ولكن وجود السفا فى القمح السداسى ليس كثيفاً فى الغالب (Teare&Peterson,1971;Teare,Sij,Waldren & Goltz, 1972) إن إزالة السفا يمكن أن تقلل من إنتاجية الحبوب بـ

11 - 21 % (Miller, et al ,1944; Saghir et al 1968) ويمكن أن تؤثرإزالة السفا مبكراً على عدد الحبوب وكذلك حجمها .

ويمكن أن يؤثر وجود السفا فى عمليات عديدة إلى جانب البناء الضوئى مثل حركة السيتوكينين Cytokinin إلى الحبوب (Michael & Seiler - Kelbitsch, 1972) يظهر أن زيادة سعة البناء الضوئى للسنابل من الأهداف العامة والمهمة فى تربية الأقماح ، نظراً لأن السنابل تحتل الوضع الأمثل من حيث احتجاز الأشعة وثانى أكسيد الكربون الجوى، وغالباً ما تحتجز نواتج البناء الضوئى للسنابل داخلها ، وتسهم كذلك مساهمة فعالة فى امتلاء حبوب السنيبلات والأزهار التى فى الأطراف (Evans et al . 1972) لقد استعرض كل من Miller et al . (1944) , Vervelde (1953) , Grundbacher (1963) عديد من التجارب الحقلية التى تقارن الأقماح المسفاة بغير المسفاة . ووجدوا تحت ظروف الجفاف أن الأقماح المسفاه غالباً ما تتفوق في إنتاجيتها ولكن فى حالة تيسير الرطوبة لم يكن للسفاة إلا بعض المزايا القليلة هذا إن وجدت ، بل أحياناً أخرى يمكن أن تقلل من الإنتاجية ، (Mc Kenzie , 1972) إن التاثيرات السيئة للسفا في وجودالرطوبة لم يتم تحديدها بعد ، كما أنه ليس من الظاهر أنها تقلل من عدد الحبوب بسبب تنافسها مع الأزهار خلال تطورها (Evans , Bingham , Jackson & Sutherland , 1972) ولكن يمكن أن تزيد من التعرض للأمراض أو الرقاد .

نمط الإمداد الكربوهيدراتي للحبة :

لقد أظهر إستعمال ^{14}ك $ا_2$ أن ورقة العلم والأجزاء التي فوقها تشكل المصدر الرئيسي لنواتج البناء اللازمة للحبة في مراحل تطورها

(Stoy , 1965 ; Wardlaw , 1968 ; Rawson & Hofstra , 1969) بينما تستعمل نواتج البناء الضوئي للورقة التي تحت ورقة العلم مباشرة والأوراق التي تليها ، وبصفة رئيسية في الأجزاء القاعدية من النبات ، مع حدوث التداخل في حركة نواتج البناء الضوئي من ورقة العلم والأوراق التي تليها مباشرة ، وذلك ببعض الانتقال العلوي إلى السنابل من الورقة التي تلي ورقة العلم والانتقال السفلي من ورقة العلم ، وهذا يحتمل أن يكون راجعاً إلى طبيعة التحام أو تلاقي الجزء الموصل من الورقة بساق القمح (Patrick, 1972 b) . إن نمط حركة أو انتقال نواتج البناء ليس ثابتاً ، ويتغير طبقاً لمرحلة التطور ، وكلما تغير توزيع المصادر(Sources) والمستودعات (Sinks) ; Birecka & Buttrose , 1962 a)
(Skupinska , 1963 ; Rawson & Hofstra , 1969)

توجد فروق وراثية في أنماط العرض والطلب لنواتج البناء الضوئي في القمح ، حيث يوجد في الأقماح البدائية ، والتي هي منخفضة الانتاجية اعتماد ، يكاد يكون كلياً على البناء الضوئي للسنبلة مع طلب بسيط من الحبوب لنواتج البناء الضوئي لورقة العلم (Evans & Dunstone , 1970) ، بينما يقلل وجود السفا في بعض الأقماع الحديثة من حاجة الحبوب لنواتج البناء من الأوراق السفلي (Birecka et al . 1968) ، كذلك شاهد Lupton (1966) أيضاً فروقاً طفيفة بين الأصناف في إستعمال نواتج البناء من الأوراق التي تلي ورقة العلم مباشرة . وكذلك تحصل Asana & Mani (1950) على دليل للفروق بين الأصناف في استعمال احتياطي أو محتويات الساق من نواتج البناء الضوئي .

إن التغيرات الموسمية في مساهمة الأجزاء المختلفة بنواتج البناء الضوئي لاحظها Asana & Mani (1955) وذلك بناءاً على معاملات تظليل وإزالة أوراق كما لاحظها وكذلك May (1965) مستعملاً تحويراً لهذه المعاملات . بدقة أكثر لوحظ أن الزيادة في درجة الحرارة تزيد من معدل نمو الحبة ، وفي الطلب على نواتج البناء من الأوراق (Hsia et al . 1963 ; Wardlaw, 1971) ، بينما يخفض النقص في النتروجين كلاً من البناء الضوئي وانتقال نواتجه خارج

الأوراق (Anisimov, 1962) . أما الإجهاد المائى والذى يخفض البناء الضوئى قبل أى تأثير مباشر على نمو الحبة ، ينتج عنه استعمال أكبر لكل من المواد الكربوهيدراتية المخزنة (Asana, 1961) ونواتج البناء التى من الأوراق السفلية على الساق (Wardlaw , 1967) .

لقد تم عديد من التقديرات لمساهمة الأجزاء المختلفة بنواتج البناء الضوئى فى امتلاء الحبوب ، فى نباتات ذات مسافات مناسبة بينها وبقدر كاف من الرطوبة والتغذية ، ولقد لاحظ Kravtsova (1957) أن فى النباتات المتقاربة فى زراعتها توجد زيادة فى اعتماد الحبوب على الأوراق السفلى فى نواتج البناء الضوئى .

تخزين النشا :

على الرغم من أن الأميليز amylase يوجد فى أوراق القمح ، إلا أن الأوراق لا تخزن النشا إلا عندما يطفو على محاليل من السكروز (Gates & Simpson , 1968; Wolf , 1967) . وكذلك الحال بالنسبة للسيقان (Barnell , 1938 ; Lopatecki et al , 1962) ويخزن النشا فى الحبوب فى نوعين من الحبيبات ، الحبيبات الابتدائية والتى تصبح أخيراً كبيرة وعدسية الشكل ، وهذه تظهر خلال ستة أيام من تفتح الأزهار ، ولكنها خلال بلاستيدات فقط ، وبنظام غشائى جيد الاكتمال . بعد أسبوعين من تفتح الأزهار تظهر حبيبات مستديرة بين الحبيبات الكبيرة وغشائها الذى يحتويها . وهذه فيما بعد تتشكل بطريقة تزيد من كفاءة تعبئة الفراغات التى بين الحبيبات الكبيرة (Buttrose , 1963) . وتشكل الحبيبات الكبيرة فى حبة القمح الناضجة حوالى 90 ٪ من النشا .

فى النباتات التى تنمو تحت ظروف بيئية ثابتة لا يوجد دليل على وجود حلقات أو طبقات من الحبيبات الكبيرة (Bakhuyzen, 1937) ، ولكنها تظهر واضحة عندما تنمو النباتات تحت فترات يومية من الظلام (Buttrose, 1962 b) . إن هذا يقترح وجود دورة يومية من الترسيب ، حيث تتكون طبقة خفيفة كل يوم . غير أن Jenner (1968) وجد أن تكون النشا فى سنابل مفصولة عن النباتات يستمر قرابة الـ 24 ساعة ، وبنفس المعدل فى السنابل التى دون فصل أى فى نباتاتها . وهذا يقترح أن ترسيب النشا ليس محدوداً بالتغيرات اليومية فى الإمداد بنواتج البناء الضوئى . بمثل هذه السنابل زاد معدل تراكم النشا بدرجات الحرارة العالية ، لذا يمكن أن تكون الحلقات قد تكونت بسبب التراكم البطىء خلال الليالى الباردة .

ووجد (Jenner & Rathjen (1972 a بنباتات نامية فى الحقل ، تغيرات يومية واضحة فى معدلات السكروز فى الأوراق ، ولكن التغيرات فى تركيز السكروز فى الحبة كانت طفيفة (غالباً 1.9 - 2.3 ٪) ، وليس لعاملات إزالة الأوراق إلا تأثير قليل على ذلك . وعندما زاد إمداد السكروز للسنبلة تراكم فى أماكن أخرى من السنبلة عدا الحبوب . وبالتالى استخلصوا أن تراكم النشا كان محدوداً بالسعة أو الإمكانية لنقل السكروز داخل الحبة أكثر منه بتوفر نواتج البناء الضوئى .

تخزين البروتين :

يمكن تقسيم البروتينات العديدة فى الحبوب إلى أربع مجموعات . إن مجموعة بروتينات الألبومين albumins الذائبة فى الماء وبروتينات الجلوبيولين globulins الذائبة فى الملح تعتبر إنزيمية وبروتينات تركيبية أو بنائية موزعة خلال سيتوبلازم الحبة . ويوجد خلال بروتينات الجلوبيولين وحدها ستة أجزاء رئيسية على الأقل (Coates & Simmonds , 1961) . وتشكل البروتينات الذائبة أغلب البروتين الموجود خلال الأسبوعين الأولين بعد التفتح الزهرى ، ويمكن أن تزيد فى الكمية لأسبوعين إضافيين إلى أن تصل إلى 0.5 - 1.0 ملجم بروتين فى الحبة (Rijven & Cohen , 1961 ; Jennings & Morton , 1963 a) غير أنها بعد ذلك مباشرة تزيد عليها فى الكمية بروتين البرولامين prolamins (جليادين gliadins) والجلوتينين (Graham & Morton, 1963) المخزنة فى الأجسام البروتينية فى الإندوسبيرم ، التى تظهر بعد 10 - 16 يوماً من التفتح الزهرى (Graham et al . 1963 ; Evers , 1970) يمكن أن يبدأ تخزين الجليادين gliadins متأخراً عن تخزين الجلوتينات glutenins (Bilinski & Mc Connell , 1958) إن خصائص الجلوتين glutens (Boyd et al . 1969 ; Johnson & Hall , 1965) هى التى ذات أهمية كبيرة فى صناعة الخبز . إن الجلوتينات والبرولامينات لديها مكونات أحماض أمينية تختلف كثيراً عن تلك التى فى بروتينات السيتوبلازم ، حيث أنها عالية فى حامض الجلوتاميك glutamic والبرولين prolin ومنخفضة نسبياً فى عديد من الأحماض الأمينية . وبالتالى كلما تواصل تخزين البروتين تنخفض نسبة الأحماض الأمينية الضرورية بشدة .

مثلاً من 8 ٪ لايسين lysine عند 12 يوم بعد التفتح الزهرى إلى 2.5 ٪ عند النضج

(Jennings & Morton , 1963 a) وبروتينات طبقة الأليرون aleurone أعلى بكثير في الأحماض الأمينية الضرورية مثل الأرجنين arginin. (Fulcher et al . 1972)

تحت الظروف التي يمكن أن يستمر إمتصاص النيتروجين فيها خلال فترة إمتلاء الحبوب كما هو الحال في كثير من المحاصيل الحديثة وذلك بالإضافات الكبيرة والمتأخرة من الأسمدة النيتروجينية ، يمكن لكل من المحتوى البروتيني والنشوي للحبوب أن يزيد زيادة خطية إلى قرب موعد النضج (شكل 5.5 ;(Rijve & Cohen , 1961 ; Jennings & Morton 1963 a ;Turner , J. 1969 ; Skarsaune et al. 1970; Bremner , 1971) وأكثر من نصف البروتين الذى فى الحبوب يمكن أن يشتق من النيتروجين الذى تم إمتصاصه خلال فترة إمتلاء الحبوب (Pavlov , 1969) . فى مثل هذه الحالات يمكن لنسبة النيتروجين فى الحبة أن تبقى عالية أو ربما أيضاً تزيد كلما تقدمت الحبة فى الامتلاء (Asana & Sahay , 1965 ; Johnson , V . et al . 1967)

من جانب آخر وفى حالة الخصوبة المنخفضة للتربة حيث لم يضف إلا كمية قليلة من النيتروجين ، يمكن أن يحدث استنزاف شديد للنيتروجين بالتربة عندما يصل المحصول إلى طور طرد السنابل مع امتصاص لكمية قليلة أثناء فترة امتلاء الحبوب . وفى الواقع . . إن كل النيتروجين فى الحبوب تم الحصول عليه بإعادة حركة النيتروجين الذى فى الأوراق والسيقان (Williams , R., 1955 ; Puckridge & Donald , 1967 ; Rawson & Donald , 1969) ، ويمكن القول أن 66 - 75 ٪ من النيتروجين الكلى فى النبات ينتهى به المطاف في الحبوب (Mc Neal et al , 1968) فى الأصناف أو تحت الظروف حيث تكون شيخوخة الأوراق وحركة النيتروجين منها بطيئة ، يمكن أن تكون الإنتاجيات العالية مرتبطة بنسبة منخفضة للنيتروجين فى الحبوب .

ومن ناحية أخرى عندما يكون موت الأوراق سريعاً يمكن أن يتأثر تخزين النشا تأثراً سيئاً أكثر من تخزين البروتين ، وفى هذه الحالة يمكن للانتاجيات المنخفضة أن تكون مرتبطة بنسبة نيتروجين عالية (Terman et al. 1969 ; Mc Neal et al . 1972). ولذلك لا توجد علاقة بسيطة بين الإنتاجية ونسبة النيتروجين فى الحبوب (Fernandez . & (Laird , 1959)

إن التأثيرات البيئية على تخزين البروتين لم تلق اهتماماً كبيراً حتى الآن . يظهر أن الحرارة المرتفعة تقلل من تخزين النشا أكثر من البروتين (شكل 5.5 ; Campbell & Read ,1968) ويحدث هذا أيضاً في تأثير إجهاد الجفاف (Lipsett, 1963; Petinou & Pavlov , 1955) . وتقلل شدة الإضاءة المنخفضة محتوى الحبوب من النيتروجين بقدر الانخفاض الذى تسببه فى وزن الحبوب تقريباً ، مما ينجم عنه عدم تأثر نسبة النيتروجين إلا قليلاً (Compbell et al. 1969, Bremner, 1972) . ويمكن للإضافات المتأخرة للنيتروجين أن تزيد من بروتين الحبوب كثيراً . فمثلاً ، وجد Abrol et al . (1971) أن إضافة 100 كجم نيتروجين / هـ تزيد إنتاجية البروتين بـ 250 كجم / هـ ، وبزيادة تكاد تكون بالكامل فى بروتينات التخزين لكل من البرولامينات والجلوتيلينات . ونفس النتائج وجدها أيضاً Asana & Sahay (1965) Michael (1963) وبالتالي تؤدى الزيادة فى نسبة البروتين الناتجة عن استعمال الأسمدة النيتروجينية إلى إنخفاض نسبة المحتوى من الأحماض الأمينية مثل لايسين lysine والفالين valine والثريونين threonine والأيزوليوسين Isoleucine والتيروسين tyrosine (Abrol et al . 1971).

عندما يكون بروتين الحبوب العالى ناجماً عن الزيادة فى الحركة الكثيفة لنيتروجين الأوراق ، والتى يمكن أن تكون بسبب درجات الحرارة العالية ، أو تظليل الأوراق أو انخفاض فى نيتروجين التربة (Neales et al. 1963) أو صفات خاصة بالصنف . . فإن المعدلات العالية للنيتروجين فى الحبوب تميل للإرتباط بالمعدلات المنخفضة للنيتروجين فى الأوراق خلال فترة امتلاء الحبوب كما وجد ذلك (Johnson , V. et al. (1967 .

أيضاً يمكن للنيتروجين العالى فى الحبوب أن يكون ذا علاقة بزيادة الامتصاص أكثر من الزيادة في حركته فى الأوراق . وفى مثل هذه الحالة يمكن أن يرتبط محتوى الحبوب والأوراق من النيتروجين إيجابياً (Boldyrev , 1959) . إن زيادة الفترة الزمنية التي تسبق طرد السنابل غالباً ما تكون مصحوبة بزيادة فى الإمتصاص ، وفى محتوى النيتروجين فى الحبوب (Harris et al . 1943 ; Sharsoune et al . 1970 ; Bremner, 1972) وجد Mikesell & Paulsen (1971) أن السلالات المعروفة بمحتواها العالى من البروتين ، لديها محتوى عال من النيتروجين فى أوراقها السفلى عند مرحلة تفتح الأزهار ، ولكن ليس عند النضج . هذا الفرق لم يكن ظاهراً فى أوراق العلم ، ولكن المحتوى النيتروجينى للأوراق السفلى

كان أكبر كثيراً ، وكان تأثير عواقب إزالتها على محتوى الحبوب من البروتين أكثر . فى الحقيقة أدت إزالة أوراق العلم إلى خفض نيتروجين الحبوب ، وبقدر أكثر من كمية النيتروجين التى فى هذه الأوراق (Wardlaw et al. 1965) . ربما لأن أوراق العلم تلعب دوراً مهماً فى الحفاظ على الامتصاص واختزال النترات خلال نمو الحبوب على الأقل فى السلالات ذات البروتين العالى.

هذه السلالات غالباً ما يكون لديها معدلات عالية من إنزيم إختزال النترات فى أوراقها خلال نمو الحبوب . (Cray & Hageman , 1970 ; Duffield et al . 1972) . إن الأصناف التى ترتبط فيها إعادة التوزيع العالية للنيتروجين بالمحتويات العالية للحبوب من البروتين ، يمكن أن تكون لديها معدلات أعلى من إنزيم البروتيز Protease فى أوراقها . ولكن هذا لم يتم إثباته إلا فى البادرات (Rao & Croy , 1971).

تتباين نسبة النيتروجين فى الحبوب تبايناً كبيراً ، ويعتمد ذلك على موقع الحبة فى السنبلة . فالحبوب التى من السنيبلات العليا ، والتى من الأزهار الطرفية غالباً ما تكون أقل فى النيتروجين (Mc Neal & Davis, 1954; Ali et al. 1969 ; Bremner , 1972) وفى الحبة ذاتها تجد أن أعلى كثافة أصباغ للبروتين تكون فى الخلايا الأكثر قرباً للخارج فى اتجاه طبقة الأليرون aleurone . إلا أن ذلك يمكن أن يعكس قلة محتواها النشوى ، ولقد قدر Evers (1970) أن محتوى كل خلية من البروتين متسق بانتظام خلال الأندوسبيرم .

تحديد الإنتاجية

إن إضافة زيادات للقدرة الإنتاجية للقمح قد لا تعتمد على الزيادة فى معرفة تلك العمليات الأكثر تحديداً للإنتاجية ، ولكن دون شك يمكن للزيادة فى المعرفة أن تكون عاملاً مساعداً . إن أياً من العمليات التى نوقشت فى الأجزاء السابقة يمكن أن تحد الإنتاجية ، ولكن سوف نركز هنا على التحديد الناجم عن البناء الضوئى والنقل والتخزين . إنه من الطبيعي أن التأثر النسبى لهذه المحددات يختلف باختلاف الأصناف وظروف النمو وخاصة بتعاقب الظروف ، خلال التطور الزهرى من جهة وامتلاء الحبوب من جهة أخرى .

ففى الأصناف المتأقلمة والعالية الإنتاجية وفى الظروف البيئية حيث تم انتخابها يمكن لسعة كل من المصدر (source) والنقل (tronsport) والمستودع (sink) لنواتج البناء الضوئى أن تكون فى حالة اتزان ، ويجب رفعها بطريقة متناسقة إذا أريد للإنتاجية أن تزيد . إن الزيادة فى سعة التخزين دون الزيادة فى الإمداد بنواتج البناء الضوئى تؤدى ببساطة إلى زيادة الحبوب الضامرة وغير الممتلئة . والزيادة فى نواتج البناء الضوئى دون الزيادة فى السعة التخزينية ستؤدى إلى إنتاجية ذات حبوب قليلة .

ولكن من مثل هذه الخطوات الصغيرة المتبادلة بين المصدر والمستودع تأتى الزيادات المتواصلة فى السعة الإنتاجية على نحو 1 ٪ لكل عام (Bingham , 1971).

البناء الضوئى كمحدد للإنتاجية :

فى أغلب الظروف يكون 90 - 95 ٪ من المواد لكربوهيدراتية مشتقاً من تثبيت ثانى أكسيد الكربون بعد تفتح الأزهار . وبالتالى يمكن أن يكون لدى إنتاجية الحبوب علاقة قريبة بدوام ومعدل البناء الضوئى بعد تفتح الأزهار ، ولكن البناء الضوئى قبل تفتح الأزهار وبالذات أثناء تطور السنبلة يمكن أن يؤثر بفاعلية فى الإنتاجية ، وذلك من خلال تأثيراته على مكونات السعة التخزينية .

إن مؤشر فترة بقاء المساحة الورقية (LAD) الذى وضعه واتسون Watson وهو دليل مساحة الورقة التكاملى integral للفترة من طرد السنابل إلى النضج ، يشتمل على كل من فترة ومساحة الأنسجة القادرة على البناء الضوئى دون معدل البناء الضوئى لوحدة المساحة الورقية .

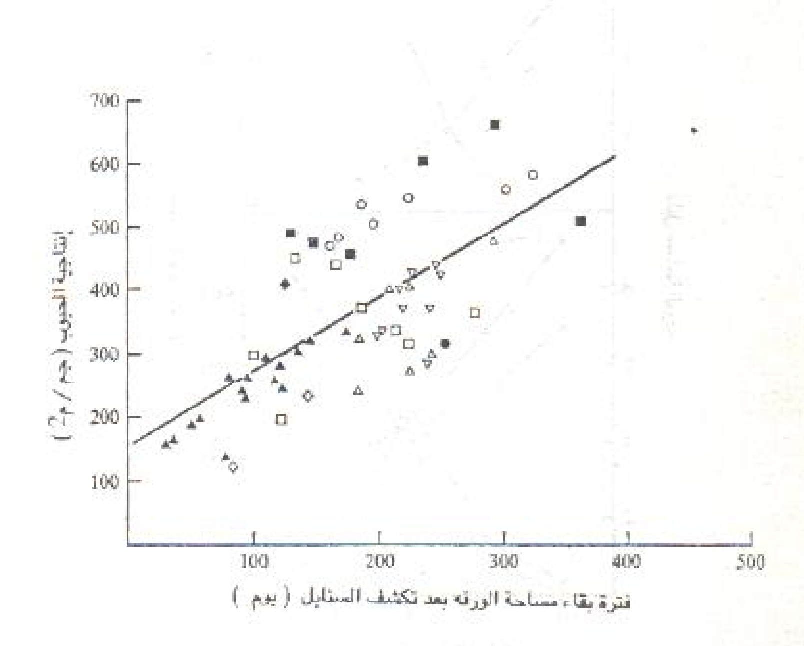
ويوضح شكل 7.5 العلاقة بين (LAD) والإنتاجية فى القمح تحت ظروف عديدة متباينة . فعلى الرغم من الاختلافات الكبيرة جداً فى الظروف السائد خلال فترة امتلاء الحبوب . . فإن حوالى نصف التباين فى الإنتاجية الناجم عن المناخ والأسلوب الزراعى والصنف ، له علاقة بالاختلاف فى فترة بقاء مساحة الورقة (LAD) . ولقد وجد أيضاً كل من (Spiertz et al . (1971) , Puckridge (1971) , Simpson 1968) علاقة متقاربة بين الإنتاجية وفترة بقاء مساحة الورقة فى القمح . ومع ذلك فإنه من المؤكد من شكل 7.5 أن هذه العلاقة أكثر تقارباً فى بعض التجارب مقارنة بتجارب أخرى (قارن البيانات التى من Fischer & Kohn (1966) بالبيانات التى من

(Welbank et al . (1968 ويمكن أن تستنتج بعض الأسباب لذلك من شكل 8.5 .

فى المحاصيل التى درست بواسطة (Fischer & Kohn (1966 شكل 8.5 (أ)) وبواسطة (Puckridge (1971 ، وصل دليل مساحة الورقة ذروته مبكراً قبل الإزهار وانخفض بشدة حين زاد الإجهاد المائى . وبالتالى كان دليل مساحة الورقة أقل من 4 ولم يكن إعتراض الإضاءة كاملاً شكل 4.5 فى أغلب فترة امتلاء الحبوب . تحت هذه الظروف والتى فى الغالب تنطبق على أغلب محاصيل القمح فى المناطق الأكثر جفافاً يرجح أن تكون الإنتاجية ذات علاقة قريبة بفترة بقاء مساحة الورقة كما هو مبين بشكل 7.5 وتحت الظروف التى يكون فيها الإجهاد المائى أثناء فترة إمتلاء الحبوب أقل ضرراً ، يمكن لدليل مساحة الورقة أن يكون عالياً عند التفتح الزهرى ، ويبقى أعلى من 4 فى أغلب فترة امتلاء الحبوب شكل 8.5 (ب) قارن أيضاً (Stoy, 1965 ; Spiertz et al . 1971) إن القيم المبدئية لدليل مساحة الورقة الأعلى من 4 ، لن تكون مصحوبة بزيادة فى البناء الضوئى شكل 4.5 ، ومع ذلك تزيد من قيم فترة بقاء مساحة الورقة (LAD) كثيراً . وهذا يمكن أن يفسر عدم ارتباط الإنتاجية ارتباطاً وثيقاً بفترة بقاء مساحة الورقة فى مثل هذه الظروف . وستكون الإنتاجية أكثر ارتباطاً بالبناء الضوئى الكلى للمحصول خلال هذه الفترة من ارتباطها بفترة بقاء مساحة الورقة كما أشار (Puckridge (1971 . من ناحية أخرى يمكن أن تكون الفروق فى دليل مساحة الورقة قرب نهاية امتلاء الحبوب ذات علاقة متقاربة بالفروق بين الأصناف فى الإنتاجية كما فى الشكل 8.5 (b) وفى بحث (Stoy (1965 ، ويمكن أن يكون معدل الانحدار فى دليل مساحة الورقة أكثر صلة بالموضوع من أى فروق مبدئية (Watson , Thorne & French , 1963) . إن هذه ليست هى الحالة الدائمة ، وهذا واضح من نتائج (Asana & Williams (1965 حيث أظهر الصنف Ridley أكثر إنتاجية من الصنف Diadem بالرغم من أن الصنف Ridley اصفرّ مبكراً .

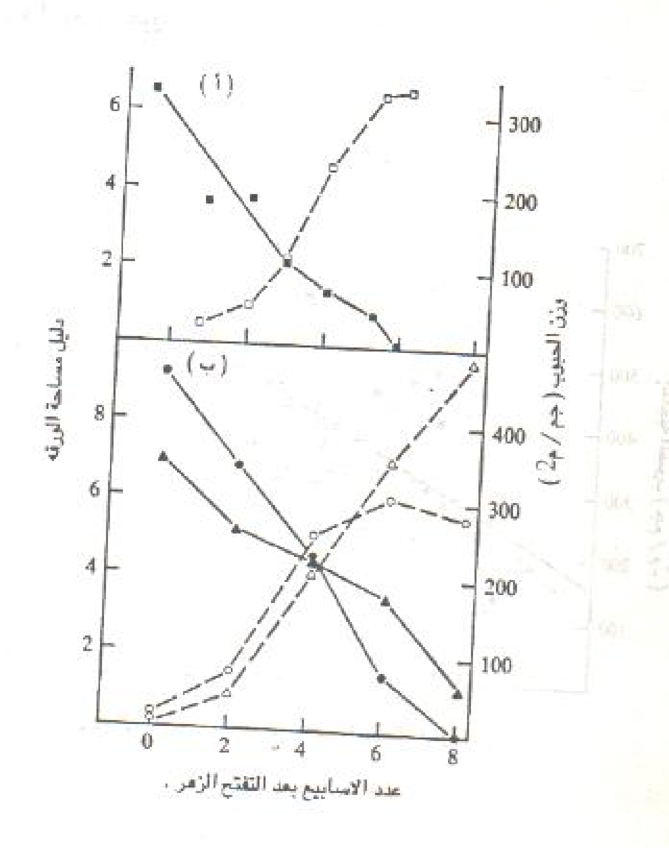
وأيضاً لاحظ (Syme (1969 أن نسبة الإنتاجية من الحبوب إلى فترة بقاء مساحة الورقة بعد التفتح الزهرى ، كانت أعلى بكثير فى الأقماح المكسيكية شبه القزمية منها فى الأصناف الإسترالية الطويلة المعتادة . إنه ليس واضحاً فيما إذا كانت الفروق فى مدى دوام نشاط البناء الضوئى هى المسبب أو تتسبب بالفروق فى دوام امتلاء الحبة . وفى حالة الإنخفاض السريع فى الإمداد بالماء والنيتروجين ، كما هو الحال فى تجارب (Fischer & Kohn (1966 ، هناك احتمال لاعتماد التخزين على دوام نشاط البناء

الضوئى ، ولكن بتوفر العناصر الغذائية والمعدلات العالية من الماء يمكن أن يحدث العكس حيث يعتمد نشاط البناء الضوئى لأوراق العلم فى المراحل الأخيرة من إمتلاء الحبوب كثيراً على الطلب(King et al . 1967) . إن جزءاً من التباين فى الإنتاجية والذى لم يعز للفروق فى دوام مساحة الورقة يمكن أن ينسب أغلبه إلى الفروق فى الإشعاع الساقط خلال مدة امتلاء الحبوب .



شكل 7.5 العلاقة بين إنتاجية الحبوب وفترة بقاء مساحة الورقة بعد تكشف السنابل لمحاصيل من القمح فى بيئات عديده .

(△) UK, Watson et al. (1963) ; (◇) UK, Thorne (1966) ; (▽) UK, Welbank et al. (1966) ; (□) UK, Welbank et al. (1968) ; (○) UK, Thorne et al. 1969) ; (◆) Aust, Davidson (1965) ; (●) Aust, Turner (1966) ; (▲) Aust., Fischer & Kohn (1966) ; (■) Mexico , Fischer (unpublished) .



عدد الأسابيع بعد التفتح الزهرى

شكل 8.5 : التغير مع الزمن في دليل مساحة الورقة ووزن الحبوب الجاف من بداية التفتح الزهرى فى بيئتين متباينتين . (أ) استراليا (بيانات من . Fischer & Kohn, 1966) . (ب) انجلترا (بيانات من Watson et al. (1963) لصنفين هما Square heads Master (دوائر) و Jufy (مثلثات)). الخطوط المتصلة ، دليل مساحة الورقة ، والخطوط المتقطعة ، وزن الحبوب .

ولقد وجد Welbank et al. (1968) من خلال إطلاعهم على عديد من التجارب أن نسبة إنتاجية الحبوب إلى فترة بقاء مساحة الورقة زادت خطياً بزيادة الإشعاع اليومى ، خلال فترة امتلاء الحبوب . غير أن إنتاجية الحبوب نفسها لم تنهج نفس الأسلوب ، حيث إنها تميل إلى الثبات عند معدلات عالية من الأشعة . ويرجح بأن يكون السبب فى ذلك هو قصر مدة إمتلاء الحبوب عند المعدلات العالية من الأشعة (شكل 6.5) ، وبالتالى تلغى أى تأثير للبناء الضوئى المرتفع .

عندما يخفض الإشعاع الضوئى الساقط بواسطة التظليل وبدون تغيير فى درجة الحرارة ، غالباً ما يصحب ذلك انخفاض فى الإنتاجية (Pendleton & Weibel , 1965; Willey & Holliday , 1971) غير أن ذلك لم يحدث فى تجارب Campbell et al. (1969) إلا فى السنوات الممطرة ، حيث كان الضوء محدوداً بخلاف الماء ، وفى السنوات الجافة لم يكن للتظليل أى تأثير يذكر على الإنتاجية . إن مثل هذه التداخلات بين الإشعاع ودرجة الحرارة والماء يمكن أن تعزى إلى عدم وجود أى علاقة واضحة بين الإشعاع وإنتاجية الحبوب فى القمح فى تجارب Sibma (1970) ولقد وجد Asana et al. (1968) بمعاملات تظليل تم تطبيقها خلال إمتلاء مدة الحبوب أن الإنتاجية من الحبوب تنخفض أكثر بزيادة الانخفاض فى شدة الإضاءة، ولكن هذا الانخفاض كان أقل كثيراً من الانخفاضات في نمو النبات الكلى.

لقد كانت تأثيرات الإزالة الجزئية لأوراق محصول القمح على غلته من الحبوب متباينة كما هو الحال فى التظليل . إن الإنتاجية من الحبوب غالباً ما تنخفض (Natr, 1967; Stoy 1965; Womack&Thorman, 1962; Lucas& Asana, 1968) وبإزالة جائرة للأوراق للحفاظ على دليل مساحة الورقة عند 1 أو 3 طول مدة نمو المحصول وجد Davidson (1965) أن إنتاجية المحصول تنخفض إلى 20 ٪ ، 44 ٪ على التوالى ، ولكن إزالة نصف الأوراق عند طرد السنابل ، عندما كان دليل مساحة الورقة يساوى 7 لم يتسبب فى انخفاض الإنتاجية على الإطلاق . وتحت ظروف مشابهة ذات إضاءة عالية وبمحاصيل مروية وجد Fischer أن إنتاجية الحبوب تزيد بحوالى 20 ٪ ، عندما تضاعفت معدلات ثاني أكسيد الكربون بالبيئة المحيطة بالمحصول خلال مدة امتلاء الحبوب . إن هذا يدل

بوضوح على أن زيادة البناء الضوئى بالإمكان أن تنتج عنها زيادة فى إنتاجية المحصول ، وبالتالى نستطيع أن نتوقع وجود معدلات أعلى للبناء الضوئى لوحدة المساحة الورقية فى أصناف القمح العالية الإنتاجية .

إن ذلك لا يحدث إلا أحياناً ، بل ولقد أظهرت بعض المقارنات عكس ذلك ، حيث كان معدل البناء الضوئى أقل فى الأصناف العالية الإنتاجية (Evans& Dunstone, 1970; Khan & Tsunoda, 1970; Planchon, 1969)

إن ذلك يمكن أن يؤخذ كدليل على أن إنتاجية المحصول ليست محدودة بمعدل البناء الضوئى ، رغم أنها يمكن أن تكون محدودة بطول مدته ؛ أى دوامه . وكبديل تكون المعدلات العالية للبناء الضوئى مقرونة بصفات أخرى من التى تعيق الإنتاجية . مثلاً تكون مصحوبة فى الغالب بأوراق صغيرة (Evans & Dunstone, 1970 ; Lyapshina, 1966; Planchon, 1969)

إن معدلات نمو الحبة ، وعلى الأقل تحت الظروف المعروفة جيداً ، ليست محدودة بمعدل البناء الضوئى ، حيث إن الموازنة للمواد الكربوهيدراتية تبين أن المتيسر من هذه المواد لامتلاء الحبوب أكثر من المستعمل (Evans& Rawson , 1970 ; Rawson & Evans, 1971; Wardlaw, 1971)

وهذا أيضاً مثبت من الدراسات الدالة على أن نمو الحبة عند درجة حرارة معينة يميل إلى الاستمرار خطياً بغض النظر عن الإختلافات فى الأشعة من يوم ليوم (Rawson & Evans , 1970 ; Sofield et al. 1974) وأن الإحتياطى أو المخزون المتراكم عند التفتح الزهرى ؛ خاصة فى السلاميات السفلى من الساق لا يتم استنزافه بالكامل كما يحدث فى النباتات ، عندما تكون تحت الإجهاد المائى (Asana&Basa, 1963; Asana&Joseph, 1964; Yu et al 1964 ;Rawson& Evans, 1971)

يعتبر طول المدة أو دوام نمو الحبة محدداً أقوى لإنتاجية المحصول فى القمح من معدل نمو الحبة ، حيث يعتبر الأخير على الأرجح محدوداً بالانتقال أو عمليات التخزين أكثر منه بالبناء الضوئى .

لقد وضعت تقديرات لحدود البناء الضوئى لإنتاجية القمح بواسطة Evans, (1973) Stoy (1966) ، ولكن تعتمد وبصفة خاصة على افتراضات ، كطول مدة امتلاء الحبوب عند معدلات مختلفة من الإشعاع الساقط . إن آخر تقدير يقترح أن

الرقم العالمي الحالي للإنتاجية وهو 14100 كيلو جرام للهيكتار، يمكن زيادته بالثلث على الأقل عند مستويات عالية من الأشعة إذا لم يكن الانتقال وسعات التخزين محدودة شكل2.1 .

الانتقال كعامل محدد للإنتاجية :

تختلف مساحة أنسجة اللحاء فى حامل السنبلة فى الأقماح من كل مراحل تطور المحصول بمدى ، قد يصل إلى العشر أضعاف من القمح الثنائي البرى Aegilops إلى القمح السداسي الحديث (Evans et al. 1970) ولقد وجد أن مساحة اللحاء تتناسب طردياً مع أقصى معدل استيراد محسوب لنواتج البناء الضوئى بواسطة السنابل فى 22 سلالة تم فحصها ، ومحسوبة كمعدل لكل سم^2 من اللحاء كانت شبيهة لمعدلات محسوبة للاستيراد فى أعضاء أخرى سريعة النمو .

إن هذه يمكن اعتبارها كدليل على أن السعة الوعائية كانت مشبعة ، وبالتالى حددت أقصى معدل لنمو الحبة فى كل الحالات ولكن ببعض من الشك حول ميكانيكية الانتقال التى يمكن أن تبطل مثل هذا الرأى .علاوة على ذلك . لقد كانت تأثيرات الارتداد الغذائيfeedback على تطور اللحاء واضحة فى زيادة الارتباع فى القمح " Late Mexico 120 "والتى ليس فقط بتنصيفها لعدد السنيبلات والحبوب والإنتاجية ، ولكنها أيضاً نصّفت مساحة اللحاء فى الساق . واستنتج (Patrick (1972 a أن النقل اللحائى لم يحدد من النمو الخضرى فى القمح .

فى السنبلة نفسها أظهرت متابعة ^{14}ك الممثل فى أوراق العلم انحداراً حاداً ومتواصلاً فى ^{14}ك لكل سنيبلة فوق منتصف السنبلة (Rawson & Evans 1970) إن هذا يمكن أن يدل على عدم وجود اللحاء الكافى لنقل نواتج البناء الضوئى من الأوراق إلى السنيبلات العليا . غير أن عقم الحبوب القاعدية فى الأزهار الوسطى والذى أدى إلى تكوين مزيد من الحبوب فى كل من السنيبلات العليا والأزهار البعيدة (على محور السنيبلة) للسنيبلات الوسطى ، نتج عنه مزيد من الإستيراد للمواد الغذائية من الورقة لقمة السنبلة ، بالرغم من أن إنتقال المواد الغذائية إلى وسط السنبلة لم ينخفض . وبالتالى وفى هذه الحالة ، لم تكن السعة الوعائية هى التى محدودة ولكنه الطلب على المواد الغذائية .

إن الوضع فيما يخص كل سنيبلة ليس بأكثر وضوحاً . حيث ذكر

Hanif & Langer (1972) أن الأزهار القاعدية الثلاث يتم إمدادها بواسطة مجاميع منفصلة من الحزم الوعائية ، وبالتالي فهي ليست في تنافس مباشر ، وذلك كما هو الحال في أول وثالث حبة حسب ما استنتج (Rawson & Evans (1970 ، إلا أنه يظهر أن الحبوب الأكثر بعداً أو الطرفية متصلة مع بعضها بسلسلة واحدة من العناصر تحت الوعائية التي تظهر من الحزم إلى الزهرة الثالثة ، وفي هذه الحالة ستتنافس الحبة الثالثة والحبوب العليا على نواتج البناء الضوئي الواردة من سلسلة واحدة من حزم ضعيفة التكوين ، ويمكن أن يكون نمو الحبوب العليا محدوداً في المعدل بالجهاز الوعائي إذا كان هذا النمط الوعائي ينطبق على بقية الأصناف . ولقد اقترح (Rawson & Ruwali (1972 a أن أحسن الطرق للحصول على إنتاجيات عالية من الحبوب المتماثلة ، يمكن أن تتم بزيادة عدد السنيبلات باستعمال السنابل المتفرعة بدلاً من زيادة عدد الحبوب في السنبلة .

في الأنسجة الوعائية وعند قاعدة كل حبة تمكن (Zee & O'Brien (1971 من التعرف على نوعين من الخلايا الناقلة واقترحا أن أحدهما يقوم باستخلاص المواد الذائبة ؛ وخاصة المركبات النيتروجينية من مجرى النتح الذي يمد القنابع والعصافة والأتب ويوجهها إلى الحبة . أما النوع الآخر فهو من الممكن أن يؤمن نقل نواتج المواد الغذائية من القنابع بكفاءة إلى الأنابيب الغربالية التي تمد حزمة الغلاف الثمري للحبة . وهو يمتد من القاعدة إلى قمة الحبة داخل المجرى .

وبالتالي تنتقل نواتج المواد الغذائية من هذه الحزمة الواحدة خلال الكلازا ونتوءات النيوسيلة وعبر الإندوسبيرم بواسطة الانتشار (Frazier & Appalanaidu, 1965) . وباعتبار طول الحبة وشكلها كقطاع عرضي نجد أن هذه الخطوة الأخيرة لحركة عرضي البناء الضوئي يحتمل أن تحد كثيراً من معدل التخزين ؛ خاصة بزيادة تراكم النشا زيادة سريعة .

وأوجد (Jenner & Rathjen (1972 a دليلاً للرأي القائل بأن العمليات التي تنقل المواد الكربوهيدراتية في المراحل الأخيرة من مرورها للحبة تحد وبشدة من تخزين النشا . وحيث إنه توجد بعض الظروف التي يزيد فيها معدل إنتاج المواد الغذائية على معدل التخزين . . فإن العوامل المحددة لانتقال المواد الكربوهيدراتية إلى السنبلة ، وفي السنبلة ، وفي السنيبلة ، وفي الحبة تستحق مزيداً من التحليل .

السعة التخزينية كعامل محدد للإنتاجية :

تعتمد السعة التخزينية لمحصول القمح على عدد السنابل في وحدة المساحة وعدد السنيبلات في السنبلة وعدد الحبوب في السنيبلة وعلى حجم الحبة الواحدة . وتختلف الأهمية النسبية لمكونات المحصول هذه بتعاقب ظروف النمو وبخصائص العمليات الزراعية مثل كثافة البذور وإضافة الأسمدة والصنف المستخدم . وتتحدد مكونات المحصول التي ذكرت سابقاً بالتتابع خلال تطور المحصول ، حيث يتحدد كل من عدد السنابل والسنيبلات قبل تفتح الأزهار وعدد الحبوب عند التفتح وحجم الحبة بعد التفتح و النضج . وبالتالي . . فإن السعة التخزينية لمحصول القمح تستطيع أن تستجيب للظروف البيئية إلى حين النضج تقريباً . إن للأشعة الضوئية تأثيراً ملحوظاً على الحد الأقصى لعدد الأشطاء (شكل 5-1) كما هو الحال في تأثير مستوى الغذاء والصنف ، ولكن الكثير من الأشطاء لا تتمكن من تكوين السنابل (شكل 2.5) ، وتصبح الفروق في الحد الأقصى لعدد الأشطاء غير واضحة ، كلما زادت كثافة الزراعة ، وزاد الاقتراب من مرحلة طرد السنابل . وتتأثر أعداد السنيبلات بالأشعة الضوئية والمعدل الغذائي خلال نمو السنبلة وكذلك بدرجة الحرارة وطول النهار ، بينما يتأثر عقد الحبوب أساساً بشدة الإضاءة وتوفر الماء قبل وعند التفتح الزهري . ولهذه العوامل أيضاً تأثير ملحوظ على حجم الحبة النهائي ، كما تفعل درجة الحرارة خلال مدة امتلاء الحبوب .

وعليه فإن العلاقة بين الإنتاجية من الحبوب وأي من المكونات ستختلف كثيراً ، ويعتمد ذلك على تعاقب الظروف البيئية عند المراحل المختلفة من تطور المحصول . في بعض الحالات . . يمكن أن يكون المكون السائد هو عدد السنابل ، وفي حالات أخرى يكون عدد الحبوب في السنبلة (Apel & Lehmann, 1967; Thorne et al. 1968; Syme 1969 ; 1970) أو حجم الحبة (Simpson 1968)

ويوجد عديد من السبل للوصول لسعة تخزينية عالية ، ويمكن أن تعوض بعض الأصناف بعدد السنابل والحبوب ما تفقده في حجم الحبوب والحصول على إنتاجيات متساوية تحت ظرف بيئي معين بتوافيق مختلفة من مكونات الإنتاج ، يمكن أن يقترح بأن ذلك يعكس محدودية الإنتاج بواسطة الإمداد بنواتج البناء الضوئي . إن وجود العلاقات السليمة بين مكونات الإنتاج المختلفة أشار إليه عديد من الباحثين(مثلاً Frankel,1935; Knott & Talukdar, 1971) مما أدى إلى أن يرى مربو النبات أن الجدوى من رفع مكون واحد ضئيلة ، حيث إن هناك

احتمال وقوع انخفاض تعويض فى مكون آخر .

ولكن وكما نوقش فى أجزاء مختلفة فى السابق (مثلاً كما فى تكون البذور) يمكن أن ترجع الآلية التعويضية هذه إلى تداخلات هرمونية أكثر منها إلى نقص فى الإمداد بنواتج البناء .

تأثير الهرمونات :

من المحتمل أن تلعب منظمات النمو الداخلية دوراً مهماً فى تحديد مكونات المحصول وتداخلها ، غير أن معرفتنا بحدوثها وطريقة تأثيرها فى القمح لازالت مختلفة جداً . وكما هو الحال في النباتات الأخرى، تلعب الأوكسينات دوراً كبيراً فى تنظيم تكوين الأشطاء في القمح (Suga & Yamada ,1965 a) متداخلة مع مستوى توفر المواد الغذائية .وقد يرجع توقف خروج الأشطاء خلال تطور السنبلة إلى الزيادة فى إنتاج الأوكسين بواسطة السنابل الصغيرة ولكن النقص فى الإمداد بنواتج البناء الضوئي أيضاً ذا علاقة بذلك (Birecka, 1968)

إلى أى حد يمكن لإنتاج الأوكسين بواسطة السنيبلات وبدايات الإزهار والحبوب الصغيرة أن يتحكم فى التفرع ونمو الساق (Bakhuyzen , 1947) ونمط عقد الثمار والنمو ، إن الإجابة على ذلك لازالت غير معروفة . إن معدلات الأوكسين فى الحبة تكون منخفضة إلى مرحلة متأخرة من امتلاء الحبة (Wheeler , 1972) .

تؤثر الجبرلينات فى عديد من العمليات فى نمو وتطور القمح . وتوجد أقصى معدلات من الجبرلينات فى الأوراق الحديثة وتحت مستويات عالية من التغذية ، كما تحتوى حبوب وبادرات وسوق الأصناف القصيرة على جبرلين أكثر من الأصناف الطويلة (Radley, 1970) ، والأخيرة أكثر استجابة لإضافة الجبرلينات (Allan et al. 1959) .

وبالتالي يظهر أن الأصناف القصيرة تحتوى على عائق يعوق إستعمال الجبرلينات ، الذى يمكن أن يؤثر على صفات أخرى خلاف نمو الساق .على سبيل المثال . . تؤثر الجبرلينات على الارتباع فى القمح (Suge&Hirano,1962; Suge& Yamada, 1965 b) ومنع تكون الجبرلينات ، بإضافة مثبطات النمو يمكن أن يثبط الارتباع (Suge & Osada, 1966) وتدخل الجبرلينات أيضاً فى نمو خيط المتك وتفتح المتك . وتصل الجبرلينات فى الحبوب النامية الذروة مبكراً فى فترة الامتلاء السريع للحبة (Wheeler, 1972) ومرة أخرى عند نهاية هذه الفترة وذلك طبقاً لـ(1964) Rejowski

وحيث إن الجبرلينات لا تؤثر على استطالة الخلايا فحسب ، ولكن أيضاً على عديد من العمليات التنظيمية ، لذا ليس من المستغرب أن إضافة مثبطات النمو والتى تمنع تكون الجبرلينات يتولد عنه تأثيرات مختلفة على إنتاجية القمح (Hamphries , 1968) . . على سبيل المثال ، إضافة (C.C.C) كلوروكولين كلورايد (السيكوسيل) يمكن أن يزيد من الإنتاجية بزيادة المقاومة للرقاد ، حيث الظروف والأصناف التى يكون فيها الرقاد خطيراً . إلى جانب قصر وتغلظ السوق فى النباتات المعاملة . . هناك احتمال لحدوث الزيادة فى المجموع الجذرى ، وقصر في الأوراق وزيادة فى عرضها ، وكذلك تصبح الأوراق قائمة وبانخفاض فى معدل البناء الضوئى (Birecka , 1967) .

وغالباً ما يزداد عدد الحبوب بالسيكوسيل بينما يقل حجمها . أيضاً يمكن أن يزداد عدد الأشطاء والسنابل فى وحدة المساحة نتيجة إضافة السيكوسيل . حامض الأبسسك (Abscisic) مادة أخرى من مواد النمو ، ويرجح بأن له تأثيراً على عديد من العمليات المحددة للإنتاج فى القمح ، وتنحصر الدراسات التى عليه الآن فى إيضاح زيادته السريعة فى الأوراق عند الإجهاد المائى (Wright ,1969;Wright &Hiron,1969) وفى دوره فى غلق الثغور وتقليل عملية البناء الضوئى (Mittelheuser &von Steveninck , 1971) .

كذلك يرجحْ بأن حامض الأبسسك يعمل على اتزان تأثيرات الإجهاد المائى على عقد الحبوب ، ومن المحتمل أن يلعب دوراً مهماً فى تداخل مكونات المحصول إلا أن ذلك لم يدرس بعد . كذلك لا يعرف إلا القليل عن دور السيتوكينينات (Cytokinins) فى القمح ، التى تصل ذروتها فى الحبوب عند بداية تكوينها ، ثم تنخفض بسرعة بعد ذلك (Wheeler , 1972)

إن قلة المعلومات عن دور وتداخل الهرمونات النباتية فى العمليات المحددة للإنتاج يشكل عائقاً كبيراً فى مدى فهمنا لعملية تطور الإنتاجية فى القمح .